МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

А. Х. СИНЕЛЬНИКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 724

А. Х. СИНЕЛЬНИКОВ

ЭЛЕКТРОНИКА В АВТОМОБИЛЕ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1969

6Ф0.3
С 38
УДК 621.43.044.9

Синельников А. Х.

С 38 Электроника в автомобиле, М., «Энергия», 1969.

80 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 724).

Приводятся основные соотношения, а также осциллограммы напряжений и токов, имеющие место в обычной батарейной системе зажигания и электронной — конденсаторной с кремниевыми триодными тиристорами; сравниваются характеристики этих двух систем. Подробно описываются практические конструкции конденсаторных контактной и бесконтактной систем зажигания с триодными тиристорами для напряжений питания 12 и 6 *в* для автомобилей, у которых с корпусом соединен «минус» аккумуляторной батареи и у которых с корпусом соединен «плюс». Описываются практические схемы электронного «сторожа» автомобиля, тестера автомобилиста и прибора для измерения угла момента зажигания.

Брошюра рассчитана на широкий круг радио- и автолюбителей.

330-69
3-4-5

6Ф0.3

Синельников Александр Ханонович

Электроника в автомобиле

Редактор *В. С. Харламов*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Корректор *З. Б. Шлайфер*
Технический редактор *Н. В. Сергеев*

Сдано в набор 3/VI 1969 г. Подписано к печати 28/XI 1969 г. Т-16029
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 4,2 Уч.-изд. л. 5,65
Тираж 30 000 экз. Цена 23 коп. Зак. 2278

Издательство „Энергия". Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электроника все больше и больше проникает в различные области нашего быта, в том числе и в автомобиль. Если раньше применение электроники в автомобиле ограничивалось лишь радиоприемником, то сейчас появилось большое количество электронных приборов, улучшающих эксплуатационные характеристики автомобиля, создающих дополнительные удобства его эксплуатации. К таким приборам в первую очередь относятся электронные системы зажигания, выпускаемые во многих странах мира сейчас серийно, а также электронные автоматы опережения зажигания, применяемые взамен вакуумного и центробежного механических автоматов. Применение электроники в системе зажигания автомобиля позволяет полнее использовать возможности, заложенные в конструкции двигателя — позволяет повысить приемистость и экономичность двигателя.

Замена электромеханического реле-регулятора электронным позволяет повысить надежность и долговечность электрооборудования автомобиля. Дополнительные удобства эксплуатации создают такие электронные приборы, как электронный сигнализатор скорости автомобиля, который облегчает труд водителя, сигнализируя в случае превышения управляемым им автомобилем определенной, заранее заданной скорости; электронный «сторож» автомобиля, исключающий возможность проникновения в кабину автомобиля посторонних лиц; электронный указатель уровня тормозной жидкости; электронный указатель уровня горючего в баке; электронный переключатель света и многие другие.

Электроника проникает также в контрольно-поверочную аппаратуру, применяемую для обслуживания автомобиля, например в приборы для регулировки и проверки системы зажигания, для балансировки колес и т. п.

Большой вклад в дело внедрения электроники в автомобиль вносят радио- и автолюбители, которыми разработано большое количество различных электронных автомобильных приборов. Журнал «Радио», например, в последнее время регулярно публикует «страничку автолюбителя», на которой радио- и автолюбители делятся своим опытом.

Однако, несмотря на большой интерес к «электронике в автомобиле», в настоящее время отсутствует систематическая литература по этому вопросу. Данной брошюрой автор пытается восполнить создавшийся пробел.

Автор с благодарностью примет все замечания и пожелания по данной брошюре, которые следует направлять по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10, редакция Массовой радиобиблиотеки.

А. СИНЕЛЬНИКОВ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1. ВВЕДЕНИЕ

Подавляющее большинство современных автомобилей оборудовано батарейной системой зажигания, которая без каких-либо существенных изменений применяется почти с момента изобретения автомобиля Однако двигатели автомобилей с тех пор претерпели значительные изменения. Современные двигатели высокооборотны и имеют высокие степени сжатия. Батарейная система зажигания на сегодняшний день технически устарела и вследствие ряда присущих ей принципиальных недостатков стала тормозом на пути дальнейшего совершенствования автомобильных двигателей Поэтому как у нас в стране, так и за рубежом проводятся многочисленные исследования, имеющие целью усовершенствовать батарейную систему зажигания или заменить ее принципиально иной с лучшими техническими характеристиками.

Так, например, в последнее время были разработаны пьезоэлектрические системы зажигания и системы зажигания с помощью электростатических генераторов [Л. 4]. Известны также низковольтные системы зажигания с высокочастотными трансформаторами и полупроводниковыми свечами, где поверхностный разряд воспламеняет рабочую смесь [Л. 1]. Однако эти системы зажигания в ближайшее время вряд ли будут устанавливаться на автомобилях, так как пока невозможно преодолеть некоторые недостатки, присущие этим системам.

Неоднократно возникали идеи создания систем зажигания с использованием электронных ламп. Однако практического применения такие системы не нашли вследствие громоздкости электронных блоков на лампах и необходимости иметь сравнительно высоковольтный источник анодного питания (150—300 *в*).

Реальная возможность создания электронных систем зажигания возникла с появлением широкого класса полупроводниковых приборов.

В этой главе будут рассмотрены конденсаторные электронные системы зажигания на кремниевых триодных тиристорах. Однако, прежде чем перейти к их рассмотрению, необходимо рассмотреть работу обычной батарейной системы зажигания.

2 БАТАРЕЙНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

Общие сведения

Принципиальная схема батарейной системы зажигания приведена на рис 1 Система состоит из следующих элементов·

1 Источник тока — аккумуляторная батарея *Б*

2. Катушка зажигания (индукционная катушка) *1* для получения высоковольтного импульса, вызывающего искрообразование между электродами свечи

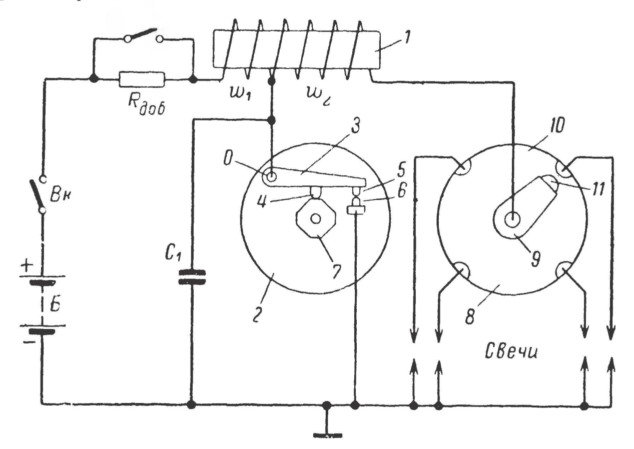


Рис 1 Принципиальная схема батарейной системы зажигания

3. Прерыватель, состоящий из пластины *2*, рычажка *3* с подушечкой *4* из изоляционного материала, подвижного *5* и неподвижного *6* контактов прерывателя, кулачка *7*, имеющего число граней, равное числу цилиндров двигателя.

4 Искрогасительный конденсатор C_1, уменьшающий искрение между контактами, является составным элементом колебательного контура, образующегося в первичной цепи после размыкания контактов прерывателя.

5. Распределитель *8*, состоящий из бегунка *9* и крышки распределителя *10* с неподвижными электродами, число которых равно числу цилиндров двигателя. Бегунок имеет на конце электрод *11*. Бегунок распределителя находится на кулачке прерывателя, который вращается со скоростью, вдвое меньшей скорости вращения коленчатого вала.

6. Выключатель зажигания *Вк* для включения и выключения системы зажигания.

7. Добывочный резистор $R_{доб}$, улучшающий характеристики системы зажигания в момент запуска двигателя (замыкается накоротко).

Работа батарейной системы зажигания происходит следующим образом. При вращении вала двигателя вращается кулачок и контакты прерывателя попеременно замыкаются и размыкаются. После замыкания контактов при замкнутом выключателе зажигания через

первичную обмотку катушки зажигания w_1 протекает ток, нарастающий от нуля до значения, определяемого временем замкнутого состояния контактов и параметрами первичной цепи Протекание тока через первичную обмотку вызывает образование магнитного потока в сердечнике катушки зажигания и накопление электромагнитной энергии

После размыкания контактов прерывателя ток идет через конденсатор C_1 и в контуре, образованном этим конденсатором и первичной обмоткой, возникают затухающие колебания Так как катушка зажигания представляет собой импульсный трансформатор с большим коэффициентом трансформации (около 100), то в результате переходного процесса в первичной цепи во вторичной обмотке возникает высокое напряжение, достигающее 15—30 *кв* Распределение высокого напряжения по соответствующим цилиндрам производится распределителем

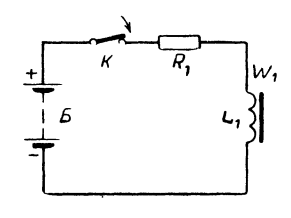


Рис 2 Схема замещения батарейной системы зажигания после замыкания контактов прерывателя

В тот момент, когда нарастающее напряжение во вторичной обмотке достигает величины пробивного напряжения свечи зажигания, происходит пробой ее искрового промежутка с последующими разрядными процессами

Контакты прерывателя остаются некоторое время разомкнутыми, после чего вновь замыкаются и весь цикл работы системы зажигания повторяется, причем высокое напряжение подводится к следующему по циклу работы цилиндру двигателя

Цикл работы батарейной системы зажигания может быть разбит на следующие два этапа нарастание первичного тока после замыкания контактов прерывателя и процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя

Нарастание первичного тока после замыкания контактов прерывателя

Полагая, что вторичная цепь практически не влияет на процесс нарастания первичного тока, будем считать ее разомкнутой Тогда схема замещения для данного этапа принимает вид, показанный на рис. 2

Первичный ток после замыкания контактов возрастает по экспоненциальному закону (рис 3)

$$i_1 = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right),$$

где E — напряжение аккумуляторной батареи $Б$,
R_1 и L_1 — соответственно сопротивление и индуктивность первичной обмотки катушки зажигания,
t — время;
$\tau_1 = L_1/R_1$ — постоянная времени первичной цепи

В начальный момент времени (при $t=0$) ток $i_1=0$. При $t=3\tau_1$ первичный ток практически достигает установившегося значения Применительно к современным автомобильным катушкам зажигания первичный ток достигает установившегося значения примерно через 0,02 *сек* после замыкания контактов прерывателя.

Во время нарастания первичного тока в первичной и вторичной обмотках наводятся э. д. с., убывающие по экспоненциальному закону:

$$e_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} = -Ee^{-\frac{t}{\tau_1}};$$

$$e_2 = -M \frac{di_1}{dt} = -\frac{M}{L_1} Ee^{-\frac{t}{\tau_1}},$$

где M — коэффициент взаимоиндукции между обмотками.

Вследствие малой скорости нарастания первичного тока э. д. с., наводимая во вторичной цепи, мала (1 500—2 000 *в*) и пробоя

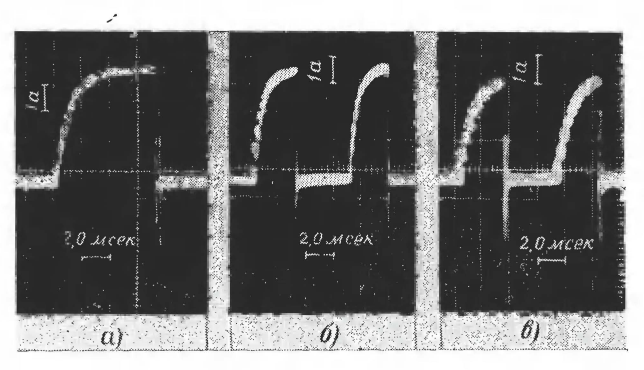


Рис. 3. Осциллограммы первичного тока батарейной системы зажигания при различных скоростях вращения коленчатого вала двигателя.

а — малые обороты; *б* — средние обороты; *в* — большие обороты.

искрового промежутка свечи не происходит. Через некоторое время контакты прерывателя размыкаются. Значение тока разрыва $i_р$ при прочих равных условиях зависит от времени замкнутого состояния контактов $t_з$ (если, конечно, $t_з < 3\tau_1$):

$$i_р = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{t_з}{\tau_1}}\right).$$

Время замкнутого состояния контактов прерывателя в свою очередь зависит от скорости вращения коленчатого вала двигателя $n_{об/мин}$, числа цилиндров двигателя $N_ц$ и соотношения между временами замкнутого $t_з$ и разомкнутого $t_р$ состояний контактов.

Введем обозначение $\gamma_з = t_з/T$ — относительная замкнутость контактов, где T — время полного периода работы прерывателя для четырехтактного двигателя, определяемое выражением

$$T = \frac{120}{N_ц n}.$$

Тогда время замкнутого состояния контактов

$$t_з = \gamma_з T = \gamma_з \frac{120}{N_ц n},$$

а ток разрыва

$$i_р = \frac{E}{R_1}\left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1}\gamma_з \frac{120}{N_ц n}}\right). \qquad (1)$$

Как следует из выражения (1), ток разрыва $i_р$ уменьшается с увеличением скорости вращения коленчатого вала и числа цилиндров двигателя и увеличивается с увеличением относительной замкнутости контактов, которая определяется формой кулачка и величиной зазора прерывателя и от скорости вращения коленчатого вала двигателя не зависит. Ток разрыва зависит также от электрических параметров первичной цепи. Он пропорционален напряжению аккумуляторной батареи, возрастает с уменьшением сопротивления R_1 и уменьшается с увеличением индуктивности L_1.

Процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя

На рис. 4 дана упрощенная схема замещения системы зажигания для рассматриваемого этапа рабочего процесса. При ее составлении сделаны следующие допущения: устранена гальваническая связь между обмотками катушки зажигания, искровой контакт рас-

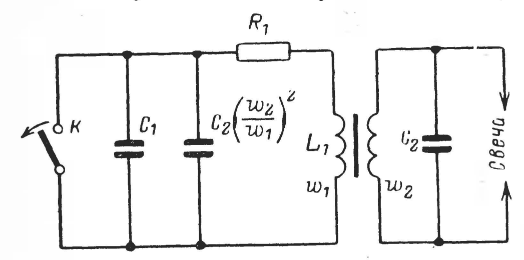


Рис. 4. Схема замещения батарейной системы зажигания после размыкания контактов прерывателя.

пределителя заменен скользящим, распределенные емкости вторичной цепи (емкости свечи, распределителя, вторичной обмотки катушки зажигания, высоковольтных проводов и т. д.) заменены одной сосредоточенной емкостью C_2, коэффициент связи между обмотками катушки зажигания w_1 и w_2 принят равным единице, отсутствует шунтирование вторичной цепи, принято, что размыкание первичного тока контактами прерывателя K происходит мгновенно, не учитывается незначительное напряжение аккумуляторной батареи, а ее внутреннее сопротивление принято равным нулю.

Согласно схеме замещения после размыкания контактов в первичной цепи образуется колебательный контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки L_1 и суммы емкости искрогасительного конденсатора C_1 и C_2, приведенной к первичной обмотке.

Потери в контуре определяются сопротивлением R_1. В момент разрыва контактов в магнитном поле катушки зажигания запасена энергия, равная $W_L = L_1 i_р^2/2$. Вследствие этого после размыкания контактов в первичном контуре возникают собственные затухающие колебания (рис. 5). Положив $R_1 = 0$ и пренебрегая влиянием процес-

сов, происходящих при этом во вторичной цепи, получим частоту колебаний в первичном контуре равной:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1\left[C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2\right]}}.$$

Амплитуда напряжения первой полуволны колебаний на первичной обмотке катушки зажигания (на индуктивности L_1) при этом будет равна[1]:

$$U_{1\text{макс}} = i_\text{р}\,\rho = i_\text{р}\sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}},$$

где $\rho = \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}$ — волновое сопротивление контура.

Максимум вторичного напряжения

$$U_{2\text{макс}} = i_\text{р}\frac{w_2}{w_1}\sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}}. \qquad (2)$$

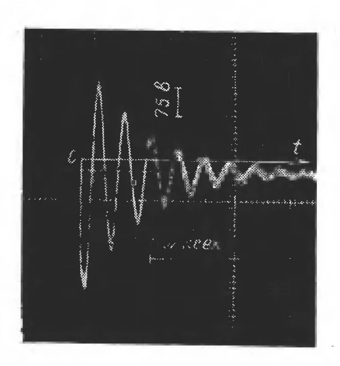


Рис. 5. Осциллограмма напряжения на первичной обмотке в батарейной системе зажигания после размыкания контактов прерывателя (напряжение на **контактах прерывателя).**

Выражения (1) и (2) позволяют исследовать зависимость максимума вторичного напряжения от параметров цепи зажигания, характеристик и режима работы двигателя.

Из выражения (2) следует, что максимум вторичного напряжения $U_{2\text{макс}}$ в значительной степени определяется током в первичной цепи, достигаемым к моменту размыкания контактов прерывателя, т. е. током разрыва $i_\text{р}$.

Из рассмотрения выражений (1) и (2), а также осциллограмм на рис. 3 вытекает *первый принципиальный недостаток батарейной системы зажигания,* а именно *снижение вторичного напряжения по мере повышения числа оборотов коленчатого вала двигателя и увеличения числа его цилиндров.*

Действительно, с увеличением числа оборотов коленчатого вала или увеличением числа цилиндров двигателя уменьшается время замкнутого состояния контактов прерывателя, вследствие чего сни-

---

[1] Напряжение на контактах прерывателя (на емкости C_1) повторяет форму напряжения на первичной обмотке катушки зажигания, но сдвинуто относительно него по фазе примерно на 180°.

жается ток в первичном контуре в момент размыкания контактов прерывателя. Поэтому вторичное напряжение катушки зажигания, пропорциональное току разрыва i_p, также уменьшается с увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя.

На рис. 6 приведены экспериментальные зависимости максимума вторичного напряжения $U_{2макс}$ от скорости вращения коленчатого вала двигателя при числе цилиндров $N_ц$, равном четырем и шести. Как видно из рисунка, в области средних и больших оборо-

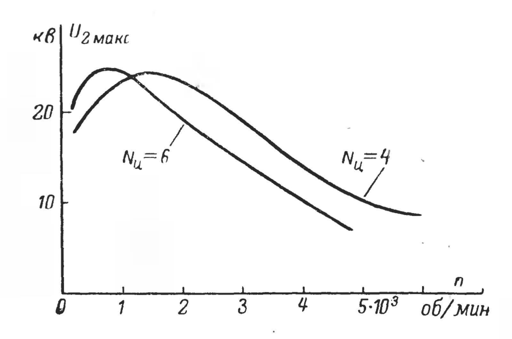


Рис. 6. Экспериментальные зависимости максимума вторичного напряжения $U_{2макс}$ в батарейной системе зажигания от скорости вращения коленчатого вала и числа цилиндров двигателя.

тов кривая при $N_ц=4$ лежит выше кривой при $N_ц=6$, что объясняется бо́льшим временем замкнутого состояния контактов прерывателя при меньшем числе цилиндров.

Кроме того, из кривых на рис. 6 видно, что снижение вторичного напряжения наблюдается и при малых оборотах коленчатого вала двигателя, хотя теоретически в соответствии с выражением (2) оно должно было бы оставаться постоянным, поскольку при малых оборотах коленчатого вала ток разрыва достигает установившегося значения (см. рис. 3,*а*).

Снижение вторичного напряжения при малых оборотах коленчатого вала двигателя объясняется возникновением дугового разряда между контактами прерывателя вследствие уменьшения скорости размыкания контактов, когда напряжение на контактах возрастает быстрее, чем восстанавливается (увеличивается) электрическая прочность междуконтактного пространства.

Дугообразование на контактах вызывает значительные потери энергии, вследствие чего $U_{2макс}$ уменьшается. Интенсивность дугообразования усиливается с уменьшением скорости размыкания, контактов, вследствие чего кривая вторичного напряжения имеет максимум при определенных оборотах коленчатого вала двигателя.

Таким образом, снижение вторичного напряжения на малых оборотах коленчатого вала двигателя является вторым принципиальным недостатком батарейной системы зажигания. Устранить этот недостаток соответствующим выбором емкости искрогасительного конденсатора C_1 практически невозможно. В самом деле, при

уменьшении емкости конденсатора C_1 в соответствии с выражением (2) вторичное напряжение должно было бы увеличиваться и достигать максимума при $C_1=0$ Однако на практике значительное уменьшение емкости C_1 снижает вторичное напряжение, так как при этом усиливается дугообразование и, следовательно, возрастают потери. При чрезмерном увеличении емкости конденсатора C_1 вторичное напряжение, как это следует из выражения (2), также снижается Практически емкость конденсатора C_1 выбирают в пределах от 0,15 до 0,35 *мкф.*

Вторичное напряжение, развиваемое батарейной системой зажигания, также значительно снижается при загрязнении свечей и увеличения емкости C_2

При работе свечи на двигателе изолятор ее покрывается нагаром, вследствие чего параллельно искровому промежутку образуются токопроводящие мостики, создающие шунтирующее сопротивление $R_ш$. Часть вторичного тока протекает через шунтирующее сопротивление, создавая дополнительные потери энергии, вследствие чего значение максимума вторичного напряжения $U_{2макс}$ уменьшается Значение шунтирующего сопротивления $R_ш$ обычно находится в пределах 3—6 *Мом*

При сильно загрязненных свечах ($R_ш=0{,}25\div0{,}5$ *Мом*) ток утечки и вызываемые им потери могут настолько уменьшить напряжение $U_{2макс}$, что оно станет ниже пробивного напряжения свечи, и воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя не произойдет

Образование токопроводящего нагара на изоляторе автомобильной свечи зажигания часто наблюдается в процессе эксплуатации. Поэтому способность системы зажигания развивать достаточное вторичное напряжение при наличии определенного шунтирующего сопротивления является важным оценочным фактором

Значение вторичного напряжения $U_{2макс}$, как это следует из выражения (2), уменьшается также с увеличением емкости вторичной цепи C_2.

Емкость вторичной цепи C_2, зависящая прежде всего от собственной емкости вторичной обмотки катушки зажигания, практически не бывает меньше 40—70 *пф*, а в случае применения экранированных проводов увеличивается до 150—200 *пф*, поэтому способность системы зажигания развивать достаточное напряжение при наличии определенной емкости во вторичной цепи также является важной ее характеристикой.

Наличие $R_ш$ и C_2 снижает диапазон бесперебойной работы батарейной системы зажигания

Значительное снижение вторичного напряжения при уменьшении $R_ш$ и увеличении C_2 является третьим принципиальным недостатком батарейной системы зажигания

Из выражений (1) и (2) видно, что напряжение $U_{2макс}$ можно увеличить, увеличивая индуктивность первичной обмотки катушки зажигания или ток разрыва $i_р$. Кроме того, $U_{2макс}$ зависит от коэффициента трансформации катушки зажигания, равного w_2/w_1.

Однако увеличение индуктивности L_1 неизбежно приводит к чрезмерному снижению вторичного напряжения при больших оборотах коленчатого вала двигателя и резкому сокращению срока службы контактов прерывателя Опыт эксплуатации батарейного зажигания, а также теоретические исследования [Л 2] показывают практическую нецелесообразность дальнейшего увеличения индук-

тивности первичной обмотки катушки зажигания сверх общепринятых в настоящее время значений

Увеличение же тока разрыва i_p ограничивается электроэрозионной стойкостью контактов прерывателя В настоящее время контакты изготовляются из вольфрама, являющегося наиболее эрозионностойким материалом. Однако, несмотря на это, контакты прерывателя так сильно нагружены, что на восьмицилиндровых двигателях, например, их хватает на 20 000—30 000 *км*

Степень влияния коэффициента трансформации w_2/w_1 на величину $U_{2макс}$ зависит от сопротивления $R_ш$ В $R_ш$, кроме сопротивления нагара на изоляторе свечи зажигания, входят сопротивление изоляции катушки зажигания, магнитные потери в ее сердечнике, а также сопротивление изоляции распределителя и высоковольтных проводов

При отсутствии утечки во вторичной цепи ($R_ш=\infty$) величина $U_{2макс}$, как это следует из выражения (2), возрастает с увеличением w_2/w_1 и стремится к своему пределу

$$(U_{2макс})_{\frac{w_2}{w_1}\to\infty} = i_p\sqrt{\frac{L_1}{C_2}}.$$

Однако этот случаи нереален, так как утечки во вторичной цепи всегда есть При этом для каждого значения $R_ш$ имеется свое наибольшее значение $U_{2макс}$, соответствующее определенному значению коэффициента трансформации w_2/w_1 (рис. 7) [Л. 1].

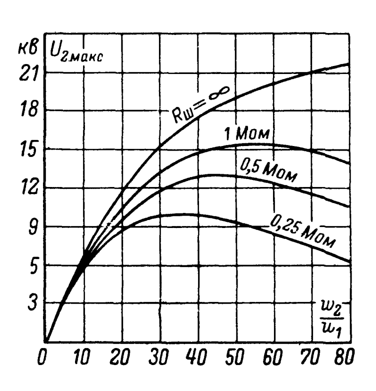


Рис. 7. Зависимость максимума вторичного напряжения $U_{2макс}$ в батарейной системе зажигания от коэффициента трансформации катушки зажигания w_2/w_1 при различных значениях шунтирующего вторичную обмотку сопротивления $R_ш$

Увеличение коэффициента трансформации выше определенного значения при наличии шунтирующих сопротивлений во вторичной цепи приводит к уменьшению вторичного напряжения Коэффициент трансформации современных катушек батарейной системы зажигания лежит в пределах от 55 до 95, что близко к его оптимальному значению, в связи с чем дальнейшее увеличение коэффициента трансформации катушек зажигания не может дать ощутимого увеличения вторичного напряжения.

На основании изложенного можно сделать вывод, что батарейная система зажигания, достигнув определенного совершенства, исчерпала себя и получить какое-либо дальнейшее существенное улучшение ее параметров не представляется возможным

Вместе с тем в настоящее время четко определились следующи тенденции в развитии массовых автомобильных карбюраторных двигателей, определяющие требования к системе зажигания: увеличение степени сжатия, повышение числа оборотов, увеличение количества цилиндров (для двигателей трузовых автомобилей).

Повышение степени сжатия приводит к повышению пробивного напряжения свечи, что требует повышения вторичного напряжения, развиваемого системой зажигания.

Применение антидетонационных присадок к топливу, диктуемое повышением степени сжатия, часто приводит к активному отложению на изоляторе свечи токопроводящих частиц, т. е к уменьшению сопротивления, шунтирующего вторичную цепь. Это обстоятельство выдвигает требование к системе зажигания иметь крутой фронт вторичного напряжения, что обеспечивает работоспособность системы зажигания при низких значениях шунтирующего сопротивления (подробно об этом см. в § 3 настоящей главы).

Увеличение числа цилиндров с одновременным увеличением числа оборотов коленчатого вала двигателя также требует улучшения характеристик системы зажигания.

Повышение чувствительности радио- и телевизионной аппаратуры, а также увеличение общего количества автомобилей требуют более полного подавления радиопомех, создаваемых системой зажигания. Эффективной мерой подавления радиопомех является полное или частичное экранирование системы зажигания с неизбежным увеличением вторичной емкости, что вызывает снижение вторичного напряжения и требует увеличения мощности системы зажигания.

Из изложенного выше следует, что требования к автомобильным системам зажигания непрерывно возрастают, и батарейная система зажигания в настоящее время уже не может полностью удовлетворить эти требования. Этим и объясняется появление в последние годы идей по созданию принципиально новых систем зажигания с лучшими характеристиками.

Новые автомобильные системы зажигания должны обеспечить значительное увеличение вторичного напряжения без электрической перегрузки контактов прерывателя; устранить существующую закономерность снижения вторичного напряжения на малых и больших оборотах двигателя; быть малочувствительными к шунтированию вторичной цепи и значительным величинам вторичной емкости C_2; обладать высокой надежностью и долговечностью и быть простыми в обслуживании

3. КОНДЕНСАТОРНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

Общие сведения

Конденсаторная система зажигания принципиально отличается от обычной батарейной системы зажигания тем, что энергия искрообразования накапливается не в магнитном поле катушки зажигания, как это имеет место в батарейной системе, а в электрическом поле специального накопительного конденсатора, который в нужные моменты времени подключается к катушке зажигания.

Принцип действия конденсаторной системы зажигания дает возможность устранить недостатки, присущие батарейной системе, и получить необходимые характеристики системы зажигания.

На рис 8 приведена блок-схема конденсаторной системы зажигания. Как видно, новыми по сравнению с батарейной системой зажигания элементами являются преобразователь *Пр*, накопительный конденсатор *С*, коммутатор *К* и схема управления *СУ*.

Преобразователь преобразует низкое напряжение аккумуляторной батареи 12 *в* в высокое 300—400 *в*.

В накопительном конденсаторе накапливается энергия искрообразования. Коммутатор подключает накопительный конденсатор то к выходу преобразователя, то к первичной обмотке катушки зажигания.

Схема управления управляет работой коммутатора.

Назначение остальных элементов то же, что и в обычной батарейной системе зажигания.

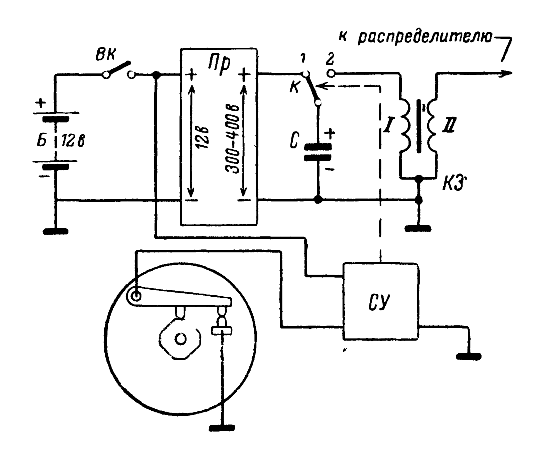


Рис 8 Блок-схема конденсаторной системы зажигания.

Конденсаторная система зажигания работает следующим образом. При вращении вала двигателя вращается кулачок и контакты прерывателя попеременно размыкаются и замыкаются. После замыкания контактов в случае замкнутого выключателя зажигания *Вк* сигнал от схемы управления устанавливает коммутатор в положение *1*.

На выходе преобразователя имеется высокое напряжение 300—400 *в*, до которого заряжается накопительный конденсатор.

В момент размыкания контактов прерывателя схема управления вырабатывает сигнал, переключающий коммутатор в положение *2*. Заряженный до высокого напряжения накопительный конденсатор оказывается подключенным к первичной обмотке катушки зажигания.

В контуре, образованном конденсатором *С* и первичной обмоткой *I*, возникают затухающие синусоидальные колебания, амплитуда напряжения первой полуволны которых близка к напряжению заряда накопительного конденсатора.

Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, достигающее 30—40 *кв*.

Так же как и в батарейной системе зажигания, цикл работы может быть разбит на два этапа: заряд накопительного конденсатора после переключения коммутатора в положение *1* и процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение *2*.

Заряд накопительного конденсатора после переключения коммутатора в положение *1*

Полагая, что вторичная цепь катушки зажигания практически не влияет на процесс заряда накопительного конденсатора, представим схему замещения для этого этапа так, как это сделано на рис 9 Согласно схеме цепь, состоящая из емкости накопительного конденсатора C_1 и сопротивления R_1, равного внутреннему сопротивлению преобразователя, с помощью коммутатора подключается к источнику постоянного напряжения $U_в$, которым является преобразователь

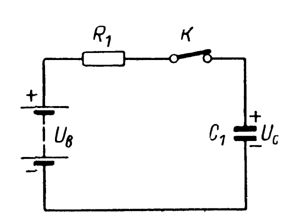


Рис 9 Схема замещения конденсаторной системы зажигания после переключения коммутатора в положение *1*

Напряжение на конденсаторе возрастает по экспоненциальному закону

$$u_C = U_в\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right),$$

где $\tau = R_1C_1$ — постоянная времени цепи заряда конденсатора

Через время $t = 3\tau$ напряжение на конденсаторе C_1 практически достигает установившегося значения $u_C = U_в$. Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, при этом будет равна

$$W_C = \frac{CU_в^2}{2}. \qquad (3)$$

Необходимым условием нормальной работы конденсаторной системы зажигания является полная зарядка конденсатора C_1 до напряжения $U_в$ за время между двумя искрами при максимальной скорости вращения коленчатого вала двигателя, т е чтобы выполнялось неравенство [1]

$$\tau = R_1C_1 \leqslant \frac{360}{N_ц n_{макс}}.$$

где $N_ц$ — число цилиндров двигателя,

$n_{макс}$ — максимальная скорость вращения коленчатого вала двигателя, *об/мин*

На практике выполнение этого неравенства не встречает затруднений Задавшись определенной энергией искрообразования W_C и выбрав значение выходного напряжения преобразователя $U_в$, из выражения (3) определяют емкость накопительного конденсатора C_1

Сопротивление же R_1 определяется выходным сопротивлением преобразователя. Чем больше мощность преобразователя, тем меньше его выходное сопротивление

Применяя достаточно мощный преобразователь, можно добиться того, чтобы энергия искрообразования, а значит, и значение вторичного напряжения были постоянными вплоть до самой высокой скорости вращения коленчатого вала двигателя. Что же касается

---

[1] Это неравенство справедливо лишь для четырехтактного двигателя Для двухтактного двигателя

$$\tau = R_1C_1 \leqslant \frac{180}{N_ц n_{макс}}$$

малой скорости, то, очевидно, если накопительный конденсатор успел зарядиться до напряжения $U_в$ при максимальной скорости, он и подавно успеет зарядиться до этого напряжения при малой скорости вращения коленчатого вала

Таким образом, принципиальный недостаток батарейной системы зажигания, заключающийся в снижении вторичного напряжения (а значит, и энергии искрообразования) при малых и больших скоростях вращения коленчатого вала двигателя, в конденсаторной системе зажигания полностью устраняется

Процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение 2

На рис 10 дана упрощенная схема замещения для второго этапа рабочего процесса При ее составлении сделаны следующие допущения устранена гальваническая связь между обмотками катушки зажигания, искровой контакт распределения заменен скользящим, распределенные емкости вторичной цепи заменены одной сосредоточенной емкостью C_2, коэффициент связи между обмотками катушки зажигания w_1 и w_2 принят равным единице, отсутствует шунтирование вторичной цепи ($R_ш=\infty$).

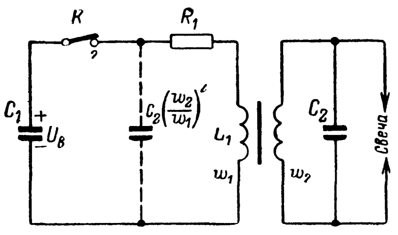


Рис 10 Схема замещения конденсаторной системы зажигания после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение 2

Согласно схеме замещения после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение 2 в первичной цепи образуется колебательный контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки катушки зажигания L_1 и суммы емкости накопительного конденсатора C_1 и вторичной емкости C_2, приведенной к первичной обмотке Потери в контуре определяются сопротивлением резистора R_1, включенного в контур последовательно

К моменту размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора в положение 2 в электрическом поле накопительного конденсатора запасена энергия $W_C=C_1U_в^2/2$ Вследствие этого после переключения коммутатора в положение 2 в первичном контуре возникают собственные затухающие колебания Полагая $R_1=0$ и пренебрегая влиянием процессов, происходящих при этом во вторичной цепи, получим частоту колебаний в первичном контуре равной

$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{L_1\left[C_1+C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2\right]}}. \tag{4}$$

Количество электричества, запасенное в накопительном конденсаторе к моменту переключения коммутатора в положение 2 (к моменту размыкания контактов прерывателя), равно

$$Q=U_вC_1.$$

Вследствие того что после переключения коммутатора в положение 2 параллельно накопительному конденсатору подключается вторичная емкость C_2, приведенная к первичной обмотке, напряжение на накопительном конденсаторе C_1 уменьшается до величины

$$U_{1\text{макс}} = \frac{Q}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2} = U_\text{в}\frac{C_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}.$$

Очевидно, что если $U_{1\text{макс}}$ является максимумом первичного напряжения, то максимум вторичного напряжения будет равен:

$$U_{2\text{макс}} = U_{1\text{макс}}\frac{w_2}{w_1} = U_\text{в}\frac{w_2}{w_1}\cdot\frac{C_1}{C_1 + C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}. \qquad (5)$$

Из этого выражения следует, что, выбрав соответствующим образом емкость накопительного конденсатора C_1, так чтобы $C_1 \gg \gg C_2(w_2/w_1)^2$, можно добиться малой зависимости вторичного напряжения $U_{2\text{макс}}$ от значения вторичной емкости C_2.

Таким образом, в *конденсаторной системе зажигания легко устраняется второй принципиальный недостаток батарейной системы зажигания, а именно большая зависимость вторичного напряжения от величины вторичной емкости* C_2.

Кроме того, в *конденсаторной системе зажигания устраняется также и третий недостаток, присущий обычной батарейной системе зажигания: большая чувствительность к величине сопротивления* $R_\text{ш}$, *шунтирующего вторичную цепь.*

В качестве коммутатора в конденсаторной системе зажигания обычно применяются тиристоры или тиратроны, время переключения которых, определяющее длительность фронта первичного напряжения, равно всего нескольким микросекундам. Длительность фронта вторичного напряжения зависит, кроме того, от параметров катушки зажигания, однако даже при применении серийных катушек, взятых из обычной батарейной системы зажигания, фронт вторичного напряжения в конденсаторной системе получается значительно круче, чем в батарейной [1].

Крутой фронт вторичного напряжения в конденсаторной системе зажигания обеспечивает ее работоспособность при низких значениях шунтирующего сопротивления $R_\text{ш}$ до 100 *ком*. Как известно, потери энергии при конкретных значениях шунтирующего сопротивления и вторичного напряжения пропорциональны времени действия этого напряжения. Поэтому при крутом фронте потери в $R_\text{ш}$ за время, пока напряжение достигнет максимума, будут меньше, чем при пологом фронте. Этим и объясняется малая зависимость $U_{2\text{макс}}$ в конденсаторной системе зажигания от сопротивления, шунтирующего вторичную цепь.

---

[1] Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить осциллограмму напряжения на первичной обмотке катушки зажигания в батарейной системе (см рис 5) с соответствующими осциллограммами в конденсаторной системе зажигания (см. рис. 39).

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОНДЕНСАТОРНОЙ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С ТРИОДНЫМИ ТИРИСТОРАМИ

Схемы для напряжения питания 12 *в*

На рис. 11 приведена принципиальная электрическая схема конденсаторной тиристорной системы зажигания для автомобилей, где с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи напряжением 12 *в*.

Система зажигания состоит из следующих основных частей:

1. Прерыватель *Пр*, управляющий работой системы зажигания.
2. Электронный блок *ЭБ*, преобразующий сигналы прерывателя в импульсы высокого напряжения (300—400 *в*).

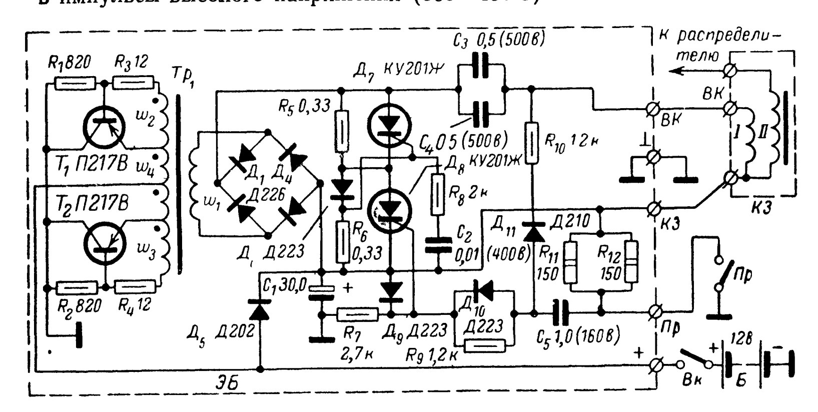


Рис 11 Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи напряжением 12 *в*

3. Обычная серийная катушка зажигания *КЗ*, повышающая напряжение импульсов, вырабатываемых электронным блоком, до 20—30 *кв*.
4. Аккумуляторная батарея *Б*, от которой питается система зажигания.
5. Выключатель зажигания *Вк*, служащий для включения и отключения напряжения питания.

Энергия искрообразования накапливается в конденсаторах C_3 и C_4.

Трансформатор $Тр_1$, транзисторы T_1 и T_2, диоды $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ и $Д_4$ и резисторы R_1, R_2, R_3 и R_4 образуют двухтактный преобразователь постоянного напряжения, собранный по схеме с общим эмиттером и преобразующий низкое напряжение аккумуляторной батареи (12 *в*) в высокое (300—400 *в*).

Схема преобразователя построена таким образом, что транзисторы T_1 и T_2 могут быть установлены на общий радиатор, электрически соединенный с корпусом автомобиля.

Резисторы R_1 и R_2 служат для подачи отрицательного смещения на базы транзисторов T_1 и T_2, необходимого для запуска пре-

образователя Резисторы R_3 и R_4 ограничивают токи баз транзисторов

Тиристоры $Д_7$ и $Д_8$ служат для бесконтактного подключения конденсаторов C_3 и C_4 к первичной обмотке катушки зажигания в момент размыкания контактов прерывателя

Необходимость последовательного включения двух тиристоров вызвана тем, что напряжение переключения одного тиристора типа КУ 201Ж меньше выходного напряжения преобразователя, равного примерно 400 *в* Резисторы R_5 и R_6 выравнивают напряжения на последовательно соединенных тиристорах Резистор R_8, конденсатор C_2 и диод $Д_6$ обеспечивают переключение тиристора $Д_7$ после переключения тиристора $Д_8$

Диоды $Д_9$, $Д_{10}$ и $Д_{11}$, конденсатор C_5 и резисторы R_9, R_{10}, R_{11} и R_{12} образуют схему формирования импульсов, поступающих на управляющий электрод тиристора $Д_8$ в момент размыкания контактов прерывателя

Диод $Д_5$ и конденсатор C_1 образуют низкочастотный фильтр, предотвращающий проникновение помех в цепи управления тиристоров

Система зажигания работает следующим образом (рис 12) Допустим, что в момент включения питания контакты прерывателя разомкнуты При подаче напряжения питания управляющий электрод тиристора $Д_8$ через резистор R_7 оказывается подключенным к отрицательному, а катод тиристора через диод $Д_5$ — к положительному полюсу батареи В результате на управляющий электрод тиристора подается отрицательное напряжение, величина которого ограничивается диодом $Д_9$ на уровне 0,6 — 0,7 *в*

Преобразователь запускается и заряжает конденсаторы C_3 и C_4 до напряжения примерно 400 *в* (момент t_0 на рис 12) Тиристоры $Д_7$ и $Д_8$ заперты, так как их суммарное напряжение переключения больше 400 *в* Через резисторы R_5, R_6 и диод $Д_6$ протекает ток и, так как сопротивления резисторов R_5 и R_6 одинаковы, к каждому из тиристоров $Д_7$ и $Д_8$ подводятся примерно одинаковые напряжения 200—220 *в* Конденсатор C_2 заряжается через резистор R_8 до напряжения, имеющегося на резисторе R_6

При замыкании контактов прерывателя конденсатор C_5 заряжается через диоды $Д_5$, $Д_9$ и резистор R_9 почти до напряжения аккумуляторной батареи

Резистор R_9 создает некоторую задержку заряда конденсатора C_5, что необходимо для устранения влияния «дребезга» контактов прерывателя в момент их замыкания

В момент времени t_1 при размыкании контактов прерывателя конденсатор C_5 разряжается через диод $Д_{10}$, промежуток управляющий электрод — катод тиристора $Д_8$ и резисторы R_{11}, R_{12} На управляющий электрод тиристора $Д_8$ подается положительное напряжение Тиристор $Д_8$ переключается, и напряжение на конденсаторе C_2 оказывается приложенным через резистор R_8 к промежутку управляющий электрод — катод тиристора $Д_7$, плюсом к управляющему электроду Тиристор $Д_7$ также переключается Первичная обмотка катушки зажигания подключается к заряженным до напряжения 400 *в* конденсаторам C_3 и C_4, и напряжение на ней в течение нескольких микросекунд возрастает от 0 до 400 *в*

Переключившиеся тиристоры шунтируют преобразователь, и его генерация срывается Преобразователь прекращает свою работу

Резистор R_{10} и диод $Д_{11}$ пропускают отрицательный импульс от катушки зажигания, который перезаряжает конденсатор C_5, как только тиристоры переключатся Тем самым снимается положительное смещение с управляющего электрода тиристора $Д_8$ и исключается возможность многократного переключения тиристоров, когда контакты прерывателя разомкнуты Благодаря цепочке R_{10}, $Д_{11}$ положительное напряжение на управляющий электрод тири-

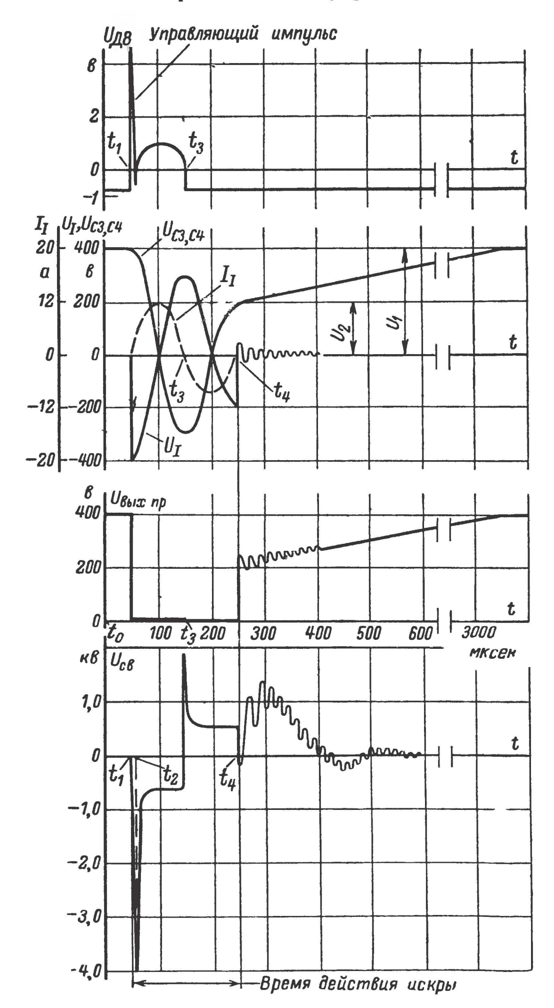


Рис 12 Ток первичной обмотки катушки зажигания (I_I) и напряжения на управляющем электроде тиристора $Д_8(U_{д8})$ на первичной обмотке катушки зажигания (U_I) на конденсаторах C_3 и $C_4(U_{C3\ C4})$ на выходе преобразователя ($U_{вых\ пр}$) и на свече ($U_{св}$) в конденсаторной системе зажигания

стора $Д_8$ подается в виде короткого импульса длительностью около 2 *мксек*, что обеспечивает образование лишь одной искры после размыкания контактов прерывателя [1].

Скорость нарастания вторичного напряжения зависит от параметров катушки зажигания. При применении серийных катушек, например типа Б-1, искра возникает примерно через 5—10 *мксек* с момента t_1 размыкания контактов прерывателя (момент t_2 на рис. 12).

Индуктивность первичной обмотки катушки зажигания, конденсаторы C_3, C_4 и переключившиеся тиристоры $Д_7$ и $Д_8$ образуют колебательный контур, в котором возникают затухающие колебания. Напряжение на конденсаторах C_3 и C_4, как видно из рис. 12, сдвинуто по фазе относительно напряжения на первичной обмотке катушки зажигания примерно на $\pi/2$, а ток в контуре отстает от этого напряжения на $\pi/4$.

В момент времени t_3, когда ток в контуре делается равным нулю, тиристоры выключаются, но преобразователь напряжения все еще запуститься не может, так как напряжение на конденсаторах C_3 и C_4 к этому моменту достигает максимального отрицательного значения. Через диоды $Д_1$—$Д_4$ протекает ток. Открытые диоды $Д_1$—$Д_4$ шунтируют преобразователь, не давая возможности ему запуститься. Через полпериода, в момент t_4, когда ток в контуре вновь уменьшается до нуля, диоды $Д_1$—$Д_4$ запираются, преобразователь запускается и примерно через 3 *мсек* заряжает конденсаторы C_3 и C_4 до напряжения 400 *в*. В катушке зажигания затухают собственные колебания.

Как видно из рис. 12, в момент t_4, когда запускается преобразователь, на конденсаторах C_3 и C_4 имеется положительное напряжение U_2, составляющее примерно 50% номинального напряжения заряда U_1 (около 400 *в*). Напряжение U_2 определяется энергией, выделяемой в искровом промежутке свечи зажигания, которая может быть подсчитана по следующей формуле:

$$W_{и} = \frac{C_3 + C_4}{2} (U_1^2 - U_2^2). \qquad (6)$$

Энергия, выделяемая в искре, при прочих равных условиях зависит от размеров искрового промежутка свечи. С увеличением размеров искрового промежутка U_2 уменьшается и, как это следует из формулы (6), энергия, выделяемая в искре, увеличивается.

Из рис. 12 видно, что длительность искры в описываемой конденсаторной системе (при работе с катушкой зажигания Б-1) равна примерно 0,2 *мсек*. Причем искра состоит из двух отдельных искр, соответствующих положительной и отрицательной полуволнам тока в первичной обмотке катушки зажигания.

Сравнительно малую длительность искры следует отнести к преимуществам конденсаторной системы зажигания [2]. Как показывают исследования [Л. 3], в исправном и правильно рассчитанном двигателе после достижения нормального теплового режима

[1] После переключения тиристоров форма напряжения на управляющем электроде тиристора $Д_8$ повторяет форму тока, протекающего через тиристоры.

[2] Искра большой длительности бывает полезна лишь при запуске холодного двигателя на переобогащенной смеси. Однако и в конденсаторной системе имеется возможность увеличить длительность искры при запуске двигателя, о чем будет сказано ниже.

воспламенение рабочей смеси происходит в течение 10—15 *мксек* и «искра» длительностью свыше 1 000 *мксек*, имеющая место в батарейной системе зажигания [Л. 1], бесполезна и вызывает лишь эрозию электродов свечей, сокращая их срок службы. Срок службы свечей в конденсаторной системе зажигания поэтому увеличивается в несколько раз.

На рис. 13 показана осциллограмма напряжения на контактах прерывателя в описываемой конденсаторной системе зажигания. Сравним ее с осциллограммой напряжения на контактах прерывателя в обычной батарейной системе зажигания, которая была приведена на рис. 5. Как видно амплитуда напряжения на контактах в конденсаторной системе не превышает напряжения аккумуляторной батареи (12 *в*), а в батарейной системе — превышает 300 *в*.

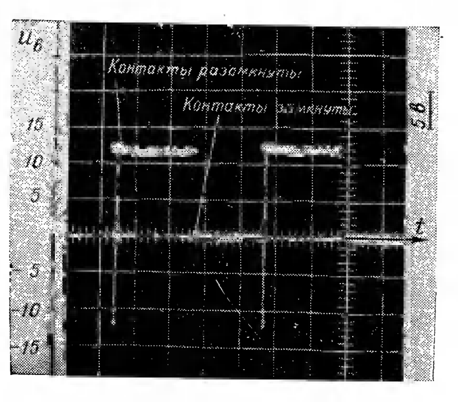


Рис. 13. Осциллограмма напряжения на контактах прерывателя в конденсаторной системе зажигания

Нагрузка контактов прерывателя в конденсаторной системе чисто активная — это параллельно соединенные резисторы R_{11} и R_{12} (см. рис. 11). Ток через контакты не превышает 200 *ма*. В батарейной же системе зажигания нагрузка контактов индуктивная, а ток через контакты достигает 4 *а*. Поэтому можно утверждать, что в конденсаторной системе зажигания проблема сохранения контактов от эрозии полностью решена; интенсивность искрообразования от состояния контактов не зависит, и срок службы контактов прерывателя определяется лишь их механическим износом; применение вольфрама для изготовления контактов делается не обязательным.

Конденсаторная система зажигания с тиристорами обладает рядом специфических особенностей, которые необходимо учитывать при изготовлении. Рассмотрим их.

Частота искрообразования зависит от числа цилиндров и скорости вращения вала двигателя. Для четырехтактного двигателя частота искрообразования

$$f = \frac{nN_ц}{120}, \quad искр/сек, \tag{7}$$

где $N_ц$ — число цилиндров;

n — скорость вращения коленчатого вала двигателя, *об/мин*.

Для двухтактного двигателя частота искрообразования в 2 раза больше.

Если, например, четырехцилиндровый четырехтактный двигатель имеет скорость 6 000 *об/мин*, то частота искрообразования равна 200 *искр/сек*. Промежуток времени между двумя искрами составляет 0,005 *сек*. За это время конденсаторы C_3, C_4 и C_5 (см. рис. 11)

должны успеть полностью зарядиться, т е. система должна быть готова к образованию следующей искры. Это предъявляет особые требования к преобразователю напряжения; он должен быть достаточно мощным и иметь малое выходное сопротивление.

Преобразователь, примененный в описываемой системе зажигания, при зазоре в свечах 1,1—1,2 *мм* заряжает (подзаряжает) конденсаторы C_3 и C_4 (суммарная емкость 1 *мкф*) в течение 2,5—3,0 *мсек* (см. рис 12). Это означает, что описываемая конденсаторная система зажигания может нормально работать с четырехцилиндровым четырехтактным двигателем до скорости 10 000 *об/мин.* Дальнейшее увеличение числа оборотов вызывает снижение мощности искрообразования, так как конденсаторы C_3 и C_4 не успеют полностью зарядиться. С восьмицилиндровым двигателем система может нормально работать до 5 000 *об/мин.*

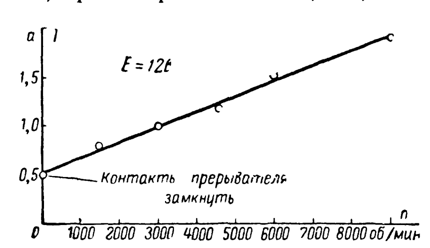


Рис. 14 Зависимость тока, потребляемого конденсаторной системой зажигания, от числа оборотов коленчатого вала четырехцилиндрового двигателя

Применение более мощного преобразователя напряжения обеспечит более быстрый заряд накопительных конденсаторов и нормальную работу конденсаторной системы зажигания при более высоких скоростях вращения коленчатого вала двигателя.

Постоянная времени заряда конденсатора C_5 составляет 1,2 *мсек*, что обеспечивает при правильной регулировке зазора прерывателя получение управляющего импульса необходимой величины до скорости 5 000 *об/мин* восьмицилиндрового двигателя.

Зная время заряда конденсаторов C_3 и C_4 и число цилиндров двигателя, можно определить максимальное число оборотов четырехтактного двигателя, до которого описываемая конденсаторная система зажигания будет работать нормально.

$$n_{\text{макс}} = \frac{120\,000}{tN_{\text{ц}}}, \tag{8}$$

где t — время заряда конденсаторов C_3 и C_4, *мсек*,
$N_{\text{ц}}$ — число цилиндров двигателя

Для двухтактного двигателя $n_{\text{макс}}$ в 2 раза меньше.

Ток, потребляемый конденсаторной системой зажигания от аккумуляторной батареи, зависит от числа оборотов и количества цилиндров двигателя. Для четырехцилиндрового четырехтактного двигателя потребляемый ток изменяется от 0,5 *а* при остановленном двигателе и замкнутых контактах прерывателя до 1,5 *а* при скорости 6 000 *об/мин* (рис. 14).

Система конденсаторного зажигания, схема которой приведена на рис. 11, предназначена для автомобилей, у которых с корпусом соединен отрицательный полюс аккумуляторной батареи. Схема конденсаторного зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен положительный полюс аккумуляторной батареи напряжением 12 *в*, изображена на рис. 15. Работает эта схема ана-

логично описанной выше, с той лишь разницей, что постоянное отрицательное смещение на управляющий электрод тиристора $Д_8$ подается от специального выпрямителя, состоящего из обмотки w_5, диода $Д_5$ и конденсатора фильтра $С_6$ Остальные элементы схемы остались без изменений.

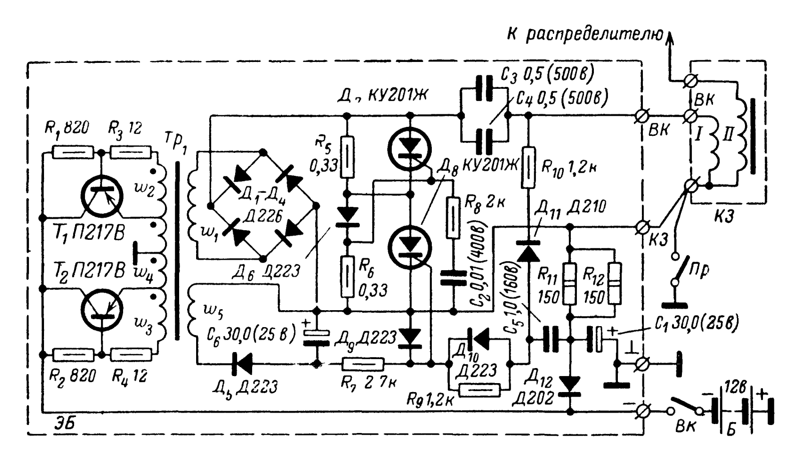


Рис 15 Электрическая принципиальная схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи напряжением 12 *в*

Конструкция и детали

Общий вид электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания со снятой крышкой показан на рис 16.

Конструктивно блок состоит из трех основных частей: основания, печатной платы и крышки Основание изготовлено из алюминиевого сплава Д1-Т, что обеспечивает хороший теплоотвод для установленных на нем транзисторов $Т_1$, $Т_2$ и диода $Д_5$. Печатная плата размерами 150 × 60 *мм* изготовлена из фольгированного гетинакса (рис. 17). На печатной плате размещены остальные элементы блока — трансформатор, кремниевые триодные тиристоры, конденсаторы, резисторы и диоды. Печатная плата крепится к основанию на четырех латунных стойках и закрепляется четырьмя фигурными винтами. Стальная крышка блока снаружи окрашена молотковой эмалью. Крепится крышка с помощью четырех винтов М3 × 0,5, ввoрачиваемых в резьбовые отверстия фигурных винтов крепления печатной платы.

Для защиты печатной платы от пыли в специальный паз основания вставляется резиновая прокладка, к которой прижимаются края крышки.

Для подсоединения внешних цепей на основании имеются винтовые зажимы: три зажима в блоках для автомашин, где с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи, и четыре в блоках для автомашин, где с корпусом соединен минус.

Для крепления на автомобиле в основании блока имеются два отверстия Блок крепится жестко. без амортизаторов.

Типы диодов, транзисторов и тиристоров, номиналы и мощность рассеивания резисторов, номиналы и рабочие напряжения конденсаторов указаны на схемах. Резисторы R_3 и R_4 типа МОН, остальные типа МЛТ; конденсаторы C_1 и C_6 электролитические типа ЭТО-1; конденсатор C_2 типа К40П-2 конденсаторы C_3 и C_4 типа МБГО; C_5 типа МБМ.

Трансформатор Tp_1 имеет следующие данные. Сердечник ленточный тороидальный типа ОЛ25/40-12,5 (внешний диаметр 40 *мм*, внутренний 25 *мм*, высота 12,5 *мм*) или 2 шт. типа ОЛ 25/40-6,5 из стали марки Э-330 или Э-340. Толщина ленты 0,08 *мм*.

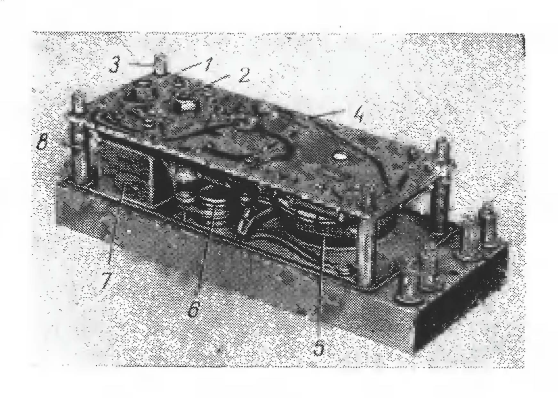


Рис. 16. Электронный блок конденсаторной контактной системы зажигания со снятой крышкой. *1* — тиристор $Д_7$; *2* — тиристор $Д_8$; *3* — фигурный винт крепления печатной платы; *4* — печатная плата; *5* — трансформатор Tp_1; *6* — транзистор T_1; *7* — конденсатор C_3; *8* — стойка крепления печатной платы.

Данные обмотки: w_1 — 1 600 витков провода ПЭЛШО 0,15; w_2 и w_3 — по 15 витков ПЭВ 0,3; w_4 — 50+50 витков ПЭВ 1,0; w_5 — 50 витков ПЭВ 0,12. Намотка производится в порядке номеров обмоток. Обмотки изолируют одну от другой лакотканью или лавсаном. Для автомобилей с «заземленным минусом» обмотка w_5 не нужна.

Может быть применен и Ш-образный сердечник, например Ш16 × 16. Конструкция электронного блока в этом случае должна быть, конечно, изменена. Данные обмоток при Ш-образном сердечнике Ш16 × 16 следующие: w_1 — 1 160 витков провода ПЭЛШО 0,15—0,18; w_2 и w_3 — по 10 витков ПЭВ 0,3; w_4 — 35+35 витков ПЭВ 1,0; w_5 — 35 витков ПЭВ 0,12. При монтаже следует обратить внимание на правильность соединения обмоток w_2, w_3 и w_4. Начала обмоток на схемах обозначены точками. Для обмоток w_1 и w_5 это не важно.

Транзисторы могут быть заменены любыми мощными германиевыми транзисторами, рассчитанными на средний ток свыше 2 *а* и допускающими ток в импульсе не менее 5 *а*. Допустимое напряжение коллектор — эмиттер транзисторов должно быть не менее 30 *в*. Этим требованиям отвечают транзисторы типов П4, П207,

П208, П209, П210, П213, П214, П215, П216, П217 с любыми буквенными индексами. Следует иметь в виду, что размеры транзисторов П213—П217 одинаковы и несколько меньше, чем у П4, а транзисторы П207—П210 имеют бо́льшие размеры.

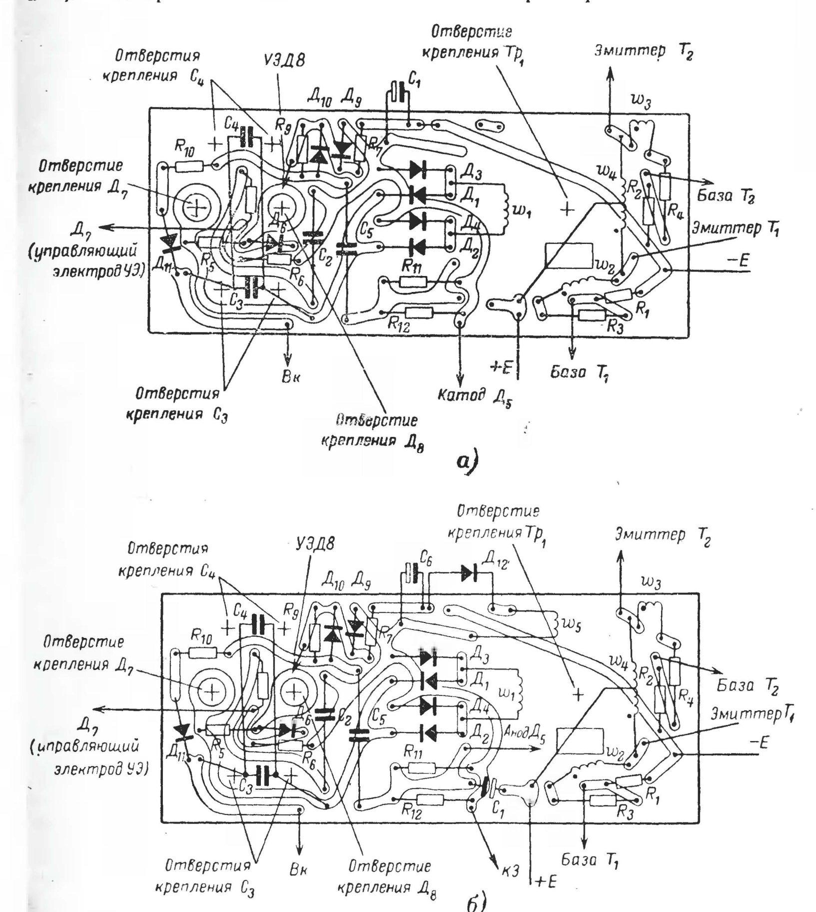


Рис. 17. Печатные платы электронного блока конденсаторной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединены «минус» (*а*) и плюс (*б*) аккумуляторной батареи.

Диоды $Д_1$—$Д_4$ перед постановкой в электронный блок следует проверить. Для постановки в блок годятся лишь те диоды, у которых при обратном напряжении 600 *в* обратный ток не превышает 10 *мка*. На практике большинство диодов Д226 удовлетворяет этому требованию.

Проверку диодов следует производить по схеме, показанной на рис. 18. В качестве источника питания может быть применен,

например, стабилизированный выпрямитель УИП-1. Микроамперметр любого типа на ток 50—100 *мка*, например М198/1. Постепенно повышая напряжение источника питания, наблюдают за показаниями микроамперметра.

Если обратный ток диода при напряжении 600 *в* больше 10 *мка*, но при напряжении 400 *в* меньше 30 *мка*, то такой диод применять можно, но в каждое плечо выпрямительного моста вместо одного диода надо включить два, соединив их последовательно. Это требует некоторой доработки печатной платы. На месте установки диодов в печатной плате сверлят восемь отверстий· четыре диаметром 7,1 *мм* и четыре диаметром 3,4 *мм*.

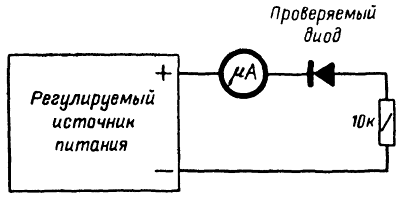


Рис. 18. Схема проверки обратного тока диодов Д 226.

Диоды, обратный ток которых при напряжении 400 *в* больше 30 *мка*, непригодны.

Хорошие результаты дает применение диодов типа Д234Б, имеющих допустимое обратное напряжение 600 *в* и допустимый ток до 5 *а*, однако конструкция электронного блока в этом случае должна быть изменена и размеры блока увеличены.

Остальные диоды электронного блока также могут быть заменены другими, но обязательно кремниевыми.

При замене диодов следует руководствоваться табл. 1.

Обозначения диода на схемах		Параметры заменяющего диода[1]	
Рис. 11	Рис. 15	$U_{обр}$, *в* (не менее)	$I_{пр}$, *ма* (не менее)
$Д_5$	$Д_{12}$	15	300
$Д_6$	$Д_6$	15	5
$Д_9$	$Д_9$	15	10
$Д_{10}$	$Д_{10}$	15	50
$Д_{11}$	$Д_{11}$	400	50
	$Д_5$	50	10

[1] $U_{обр}$ — максимальное обратное напряжение; $I_{пр}$ — максимальный прямой ток.

Триодные тиристоры типа КУ201Ж можно заменить другими, имеющими следующие параметры: напряжение переключения не менее 230 *в*; средний прямой ток не менее 2 *а*; напряжение спрямления не более 8 *в*; ток спрямления не более 100 *ма*; рассеиваемая мощность не менее 4 *вт*. В импульсе длительностью до 100 *мксек* тиристор должен пропускать ток до 10 *а*.

Перед постановкой в блок следует проверить напряжение переключения и ток утечки тиристоров.

Напряжение переключения можно проверить по схеме, приведенной на рис. 19.

Источник напряжения должен иметь плавную регулировку выходного напряжения до значения, превышающего напряжение переключения тиристора, и обеспечивать ток не менее 200 *ма.* Для этой цели подходит, например, стабилизированный выпрямитель УИП-1.

Вольтметр также рассчитан на напряжение не меньше напряжения переключения тиристора.

Резистор R_1 включен для ограничения тока при переключении тиристора. Сопротивление резистора выбирается в зависимости от напряжения переключения и тока выключения тиристора, а также от мощности источника питания.

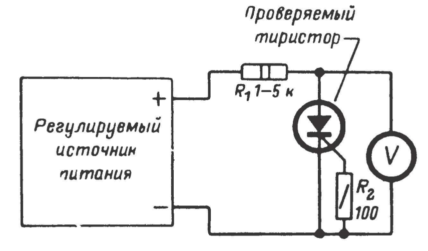


Рис 19 Схема проверки напряжения переключения тиристоров.

Наблюдая за показаниями вольтметра, надо плавно увеличивать напряжение источника питания. Сначала напряжение будет расти, а затем по достижении напряжения переключения резко упадет. Максимальное напряжение, перед тем как оно резко упадет, и будет напряжением переключения тиристора.

В случае если напряжение переключения тиристора превышает 500 *в*, в блок устанавливается лишь один тиристор — на место тиристора $Д_8$. Его анод соединяется непосредственно с «плюсом» выпрямителя. Резисторы R_5, R_6 и R_8, диод $Д_6$ и конденсатор C_2 в этом случае не нужны. Между плюсом и минусом выпрямителя параллельно промежутку анод — катод тиристора включается резистор МЛТ-0,5 510 *ком.*

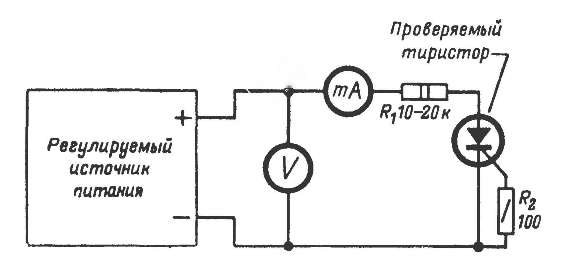


Рис. 20 Схема проверки тока утечки тиристоров.

Ток утечки тиристоров следует проверять по схеме, показанной на рис. 20, после проверки напряжения переключения.

Миллиамперметр берется с пределом измерений 5—10 *ма.* Источник питания и вольтметр те же, что и при проверке напряжения переключения.

Плавно повышая напряжение источника питания до значения, указанного ниже, определяют ток утечки по миллиамперметру.

Если напряжение переключения тиристора меньше 500 *в* (в блок ставятся два тиристора), то ток утечки проверяют при

напряжении 225 *в*, а если напряжение переключения тиристора больше 500 *в* (в блок ставится один тиристор), то при напряжении 450 *в*. Соответственно величина сопротивления резистора R_1 в первом случае берется 10 *ком*, а во втором 20 *ком*.

Применять следует те тиристоры, у которых ток утечки не превышает 1 *ма*.

Налаживание

Правильно собранный электронный блок из заведомо исправных деталей работает сразу и налаживания не требует. Однако в случае если коэффициент усиления по току $B_{ст}$ транзисторов преобразователя мал, то на морозе при температуре минус 10—20° С преобразователь может не запуститься и система зажигания откажет. В этом случае следует несколько уменьшить сопротивления резисторов R_1 и R_2 (см. рис. 11), например до 510—750 *ом*. Однако при этом следует иметь в виду, что уменьшение сопротивлений резисторов R_1 и R_2 вызывает увеличение тока, потребляемого блоком.

Приведенные на рис. 12 формы токов и напряжений в различных точках электронного блока помогут в отыскании и устранении причин каких-либо ненормальностей в работе системы зажигания.

Установка на автомобиле

Описанная конденсаторная система зажигания может быть установлена на любом легковом или грузовом автомобиле, для которого выполняется следующее неравенство[1]:

$$N_{ц} n_{макс} \leqslant 40\,000.$$

Установка конденсаторной системы зажигания не требует замены или доработки каких-либо стандартных деталей и производится в течение 20—30 *мин*.

Искрогасительный конденсатор отсоединять не обязательно. Контакты прерывателя зачищать не надо. Могут быть применены старые обгоревшие контакты. Для увеличения срока службы прерывателя, определяемого теперь лишь механическим износом его подвижных частей, прерыватель (включая контакты) следует смазать маслом из двигателя. Зазор в свечах зажигания надо увеличить до 1,2—1,5 *мм*.

При установке электронного блока надо обеспечить хороший тепловой контакт основания блока с местом крепления. Температура места крепления не должна превышать +50° С.

В качестве примера на рис. 21 показан блок электронного зажигания, установленный на автомобиле М20 «Победа»[2]. Блок установлен на специальном кронштейне (рис. 22), что устранило необходимость сверления каких-либо отверстий в кузове автомобиля.

Описанная конденсаторная система зажигания в течение нескольких лет эксплуатируется на легковых и грузовых автомобилях различных марок: М20, М21, «Москвич», ГАЗ-63[3], ЗИЛ-130 и др. и показала хорошие результаты. Облегчился запуск двига-

---

[1] Это неравенство легко может быть получено из выражения (8).

[2] На крышке блока укреплена приставка для работы в бесконтактной системе зажигания (см. § 5).

[3] Автомобиль ГАЗ-63 за это время прошел около 230 000 *км*.

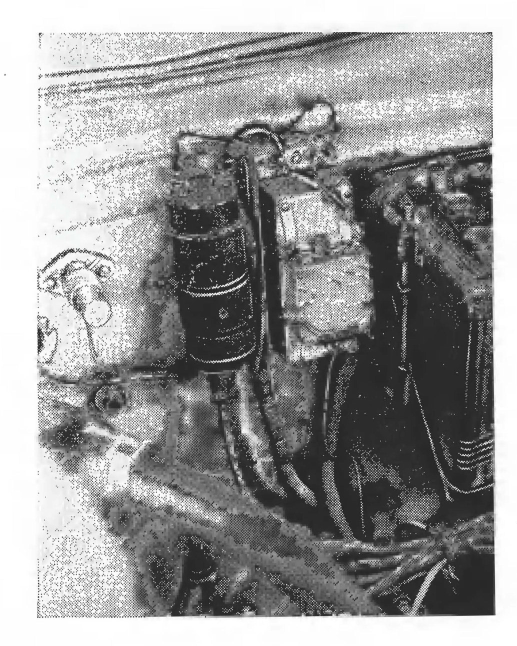


Рис. 21. Вид электронного блока конденсаторной системы зажигания, установленного на **автомобиле М20 «Победа».**

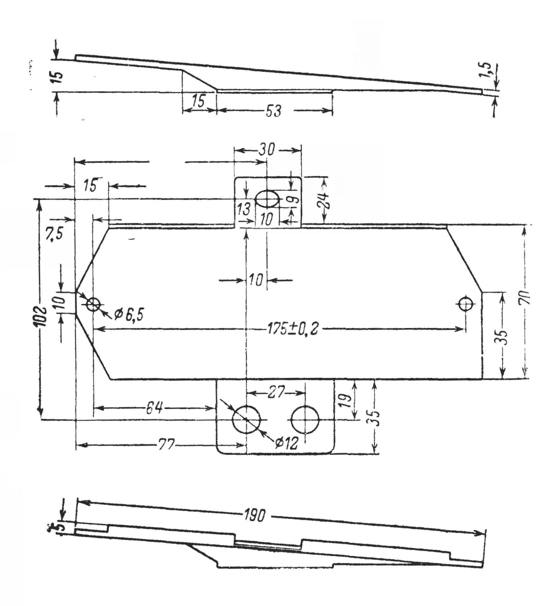


Рис. 22. Чертеж кронштейна крепления электронного блока конденсаторной контактной системы зажигания на автомобиле М20 «Победа».

теля, особенно в холодное время года, повысилась приемистость двигателя, снизился расход горючего. Срок службы свечей увеличился в несколько раз. В результате более полного сгорания топлива несколько увеличилась мощность двигателя. Интенсивность искрообразования совершенно не зависит от состояния контактов прерывателя — новые они или старые, обгоревшие, чистые или замасленные. Уменьшился нагрев катушки зажигания, что положительно сказывается на ее сроке службы.

В заключение следует отметить еще одно преимущество конденсаторной системы зажигания перед батарейной (а также перед транзисторными). Если, например, водитель забудет выключить зажигание и контакты прерывателя окажутся при этом замкнутыми, в батарейной системе может выйти из строя катушка зажигания, так как через нее длительное время будет протекать значительный ток (3—4 *а*). В конденсаторной же системе это не вызовет никаких вредных последствий, если не считать некоторой разрядки аккумулятора током 0,5—0,6 *а*

Схемы для напряжения питания 6 *в*

Описанная конденсаторная система зажигания может работать и при напряжении питания 6 *в*, причем основные характеристики ее не ухудшатся.

Схемы конденсаторной системы зажигания для напряжения питания 6 *в* приведены на рис. 23 и 24. Первая предназначена

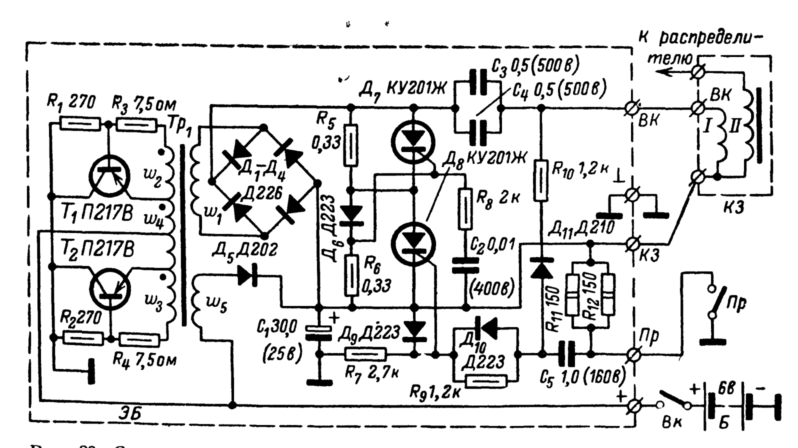


Рис 23 Схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи напряжением 6 *в*

для применения на мотоциклах и автомобилях, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи напряжением 6 *в*, а вторая — для тех, у которых с корпусом соединен плюс. В этих случаях по-другому подключены контакты прерывателя. Дело в том, что напряжения 6 *в* недостаточно для надежного управления тиристором, поэтому последовательно с батареей аккумуляторов и контактами прерывателя включен дополнительный источник

напряжения — выпрямитель, состоящий из обмотки w_5 трансформатора $Тр_1$, диода $Д_5$ и конденсатора C_1 на рис. 23 или диода $Д_{12}$ и конденсатора C_6 на рис. 24. Благодаря этому конденсатор C_5 при замкнутых контактах прерывателя заряжается до напряжения 16—18 *в*, обеспечивая надежное переключение тиристора $Д_8$ в момент размыкания контактов прерывателя. Кроме того, изменены данные обмоток w_4 и w_5 трансформатора $Тр_1$, а сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3 и R_4 уменьшены.

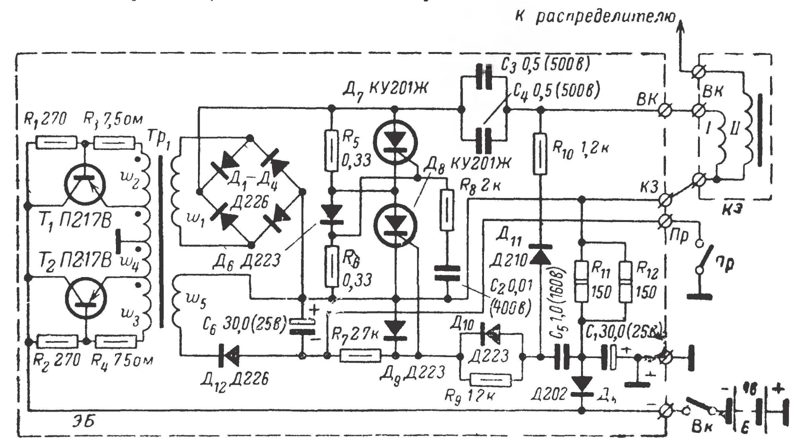


Рис 24 Принципиальная схема конденсаторной контактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи напряжением 6 *в*

Данные обмоток w_4 и w_5 для напряжения питания 6 *в* следующие. При тороидальном сердечнике типа ОЛ 25/40-12,5 или 2 шт. ОЛ 25/40-6,5 w_4 содержит 24+24 витка двойного провода ПЭВ 1,0 *мм*; w_5—40 витков провода ПЭВ 0,3. При Ш-образном сердечнике Ш 16 × 16 w_4 содержит 17+17 витков двойного провода ПЭВ 1,0; w_5 — 27 витков провода ПЭВ 0,3 *мм*. В остальном эти схемы аналогичны схемам, предназначенным для напряжения питания 12 *в*

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КОНДЕНСАТОРНОЙ БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С ТРИОДНЫМИ ТИРИСТОРАМИ И ФОТОДИОДОМ

Введение

Более чем двухгодичный опыт эксплуатации описанной в предыдущем параграфе конденсаторной контактной системы зажигания показал ее положительные качества.

Однако наличие механических контактов прерывателя все же является недостатком. Момент зажигания в системе с механическими контактами изменяется по мере износа трущихся деталей прерывателя, что требует периодической регулировки. Возможно

также изменение момента зажигания вследствие механических резонансов деталей прерывателя при определенных скоростях вращения вала двигателя Кроме того, синхронизация момента зажигания с помощью кулачка сложного профиля и механических контактов, как это осуществляется на современных автомобилях, не обеспечивает необходимой точности момента зажигания для различных цилиндров, что вызывает потерю мощности двигателя Если, например, момент зажигания точно установить для первого цилиндра, то для остальных цилиндров он может отличаться более чем на 2—3° В этом нетрудно убедиться с помощью простейшего стробоскопа на неоновой лампе (например, МН 7) Если неоновую лампу (через гасящий резистор конечно) подсоединить параллельно свече какого либо цилиндра, то метка на маховике двигателя будет казаться неподвижной

Однако если неоновую лампу подсоединить к центральному проводу распределителя, то метка будет «прыгать» Подобное явление, видимо, связано с трудностью точного изготовления профиля кулачка, имеющего относительно малый диаметр, в связи с чем небольшие неточности его линейных размеров вызывают значительные угловые неточности момента зажигания

Дальнейшим усовершенствованием системы зажигания, устраняющим перечисленные выше недостатки, являются отказ от механических контактов вообще и переход к бесконтактной системе зажигания

Бесконтактная система зажигания может быть создана различными способами Известны, например, бесконтактные системы зажигания с магнитоэлектрическими, фотоэлектрическими, взаимоиндуктивными и емкостными бесконтактными датчиками [Л 7] Однако из всех перечисленных систем для изготовления в любительских условиях наиболее подходящей можно считать бесконтактную систему зажигания с фотоэлектрическим датчиком на кремниевом фотодиоде Изготовление фотодиодного датчика требует минимального количества самодельных деталей Основные детали — источник света (лампочка) и фотодиод — являются покупными Принцип работы фотодиодного датчика заключается в изменении обратного сопротивления фотодиода под действием света

Конструктивно фотодиодный датчик выполнен следующим образом Между источником света, неподвижно закрепленным в корпусе прерывателя распределителя, и фотодиодом помещен непрозрачный диск, жестко связанный с валом распределителя В диске имеются прорези, число которых равно числу цилиндров двигателя Искра возникает каждый раз при проходе прорези между источником света и фотодиодом, т е при освещении фотодиода Точность момента зажигания для различных цилиндров определяется точностью размещения прорезей на непрозрачном диске Относительно большой диаметр диска и простота его формы позволяют выполнить эту операцию с точностью порядка нескольких угловых минут, что обеспечивает необходимую точность момента зажигания для различных цилиндров двигателя

Выбор в качестве светочувствительного элемента именно кремниевого фотодиода, а не германиевого и не фоторезистора объясняется тяжелыми температурными условиями, в которых должен работать датчик

Температура датчика в условиях нормальной эксплуатации автомобиля может колебаться в широких пределах от минус 20° С

при запуске двигателя зимой до плюс 80° С после его прогрева летом Германиевый фотодиод или фоторезистор, очевидно, для работы в таких условиях не подходит

Принципиальные схемы

На рис 25 приведена электрическая принципиальная схема бесконтактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи, а на рис 26 — для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс

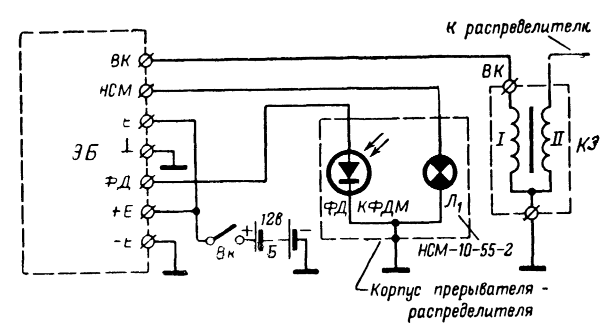


Рис 25 Принципиальная схема конденсаторной бесконтактной системы зажигания с фотодиодом для автомобилей у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи

Система зажигания состоит из следующих основных частей·

1 Фотодиод *ФД* и лампа накаливания $Л_1$, размещенные в корпусе прерывателя-распределителя и служащие для управления работой системы зажигания

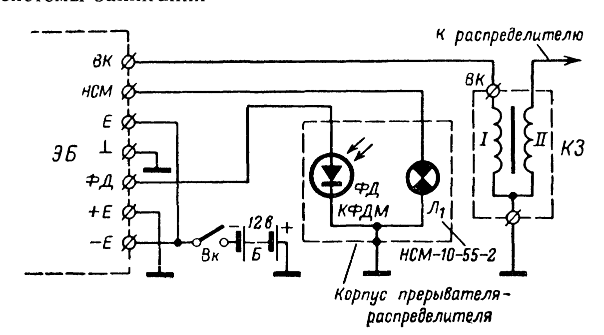


Рис 26 Принципиальная схема конденсаторной бесконтактной системы зажигания с фотодиодом для автомобилей у которых с коргусом соединен плюс аккумуляторной батареи

2 Электронный блок ЭБ, преобразующий сигналы фотодиодного датчика в импульсы высокого напряжения 300—400 *в*

3 Обычная серийная катушка зажигания *КЗ*, повышающая напряжение импульсов электронного блока до 20—30 *кв*

4. Аккумуляторная батарея *Б*, от которой питается система зажигания.

5. Выключатель зажигания *Вк*, служащий для включения и отключения напряжения питания.

Принципиальная схема электронного блока бесконтактной системы зажигания с фотодиодом приведена на рис. 27. Эта схема в основном аналогична описанной выше схеме электронного блока контактной системы зажигания (см. рис. 11, 15, 23 и 24). Отличие состоит в схеме формирования управляющих импульсов, которая

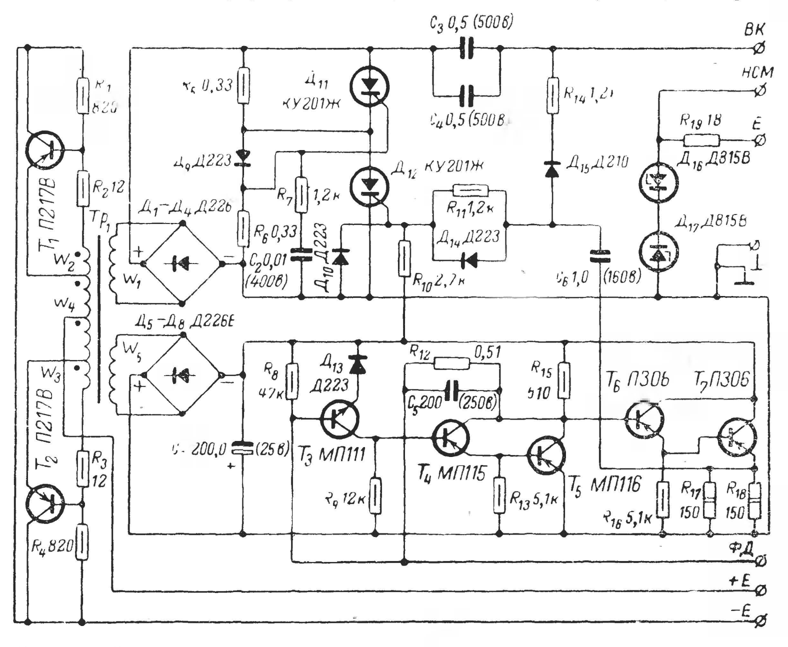


Рис. 27. Принципиальная схема электронного блока бесконтактной системы зажигания.

в электронном блоке бесконтактной системы получилась значительно сложнее, что объясняется малым сигналом, получаемым с фотодиодного датчика (ток фотодиода всего около 100 *мка*). Такого тока недостаточно для непосредственного управления тиристорами.

Схема формирования состоит из транзисторов T_3—T_7, резисторов R_8—R_{18}, конденсаторов C_5, C_6 и диодов $Д_{10}$, $Д_{13}$—$Д_{15}$ и представляет собой релейный усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления около 2 000, собранный целиком на кремниевых транзисторах из соображений теплоустойчивости. Питание схемы формирования осуществляется от отдельного выпрямителя на диодах $Д_5$—$Д_8$ и конденсаторе C_1.

Кроме того, в электронном блоке имеется стабилизатор напряжения на стабилитронах $Д_{16}$, $Д_{17}$ и резисторе R_{18}. С выхода стабилизатора подается питание на лампу накаливания $Л_1$ фотодиодного датчика.

Работа системы зажигания

Бесконтактная система зажигания работает следующим образом. Допустим, что в момент включения питания непрозрачный диск находится в таком положении, что свет от лампы $Л_1$ на фотодиод не попадает. При подаче питания преобразователь запускается и заряжает накопительные конденсаторы C_3 и C_4 примерно до 400 *в*. На управляющие электроды тиристоров $Д_{11}$ и $Д_{12}$ поступают отрицательные напряжения с диодов $Д_9$ и $Д_{10}$, и тиристоры заперты. Лампа $Л_1$ горит, так как на нее подается напряжение от стабилизатора, собранного на стабилитронах $Д_{16}$ и $Д_{17}$ и резисторе R_{18}. Ввиду того что фотодиод не освещен, он представляет собой очень большое сопротивление; положительное напряжение на базу транзистора T_3 не поступает, и он заперт. Транзисторы T_4 и T_5 также заперты, так как они отпираются коллекторным током транзистора T_3. Транзисторы T_6 и T_7 отперты током через резистор R_{15}. Конденсатор C_6 заряжается по цепи плюс выпрямителя на диодах $Д_5$—$Д_8$ — диод $Д_{10}$ — резистор R_{11} — отпертый транзистор T_7, минус выпрямителя. Резистор R_{11} ограничивает зарядный ток. Резисторы R_9, R_{13} и R_{16} повышают термостабильность схемы управления. При освещении фотодиода (прорезь непрозрачного диска находится у места установки фотодиода) сопротивление его резко падает. На базу транзистора T_3 подается положительный ток смещения величиной около 100 *мка*. Транзисторы T_3, T_4 и T_5 отпираются, а транзисторы T_6 и T_7 запираются. Положительная обратная связь (параллельно соединенные резистор R_{12} и конденсатор C_5) обеспечивает скачкообразное запирание транзистора T_7 вне зависимости от скорости вращения непрозрачного диска. После запирания транзистора T_7 конденсатор C_6 разряжается по цепи верхняя по схеме обкладка конденсатора C_6 — диод $Д_{14}$ — управляющий электрод — катод тиристора $Д_{12}$ — параллельно соединенные резисторы R_{17} и R_{18} — нижняя обкладка конденсатора C_6. Переключается тиристор $Д_{12}$, а за ним $Д_{11}$. Заряженные до напряжения 400 *в* накопительные конденсаторы подключаются к первичной обмотке катушки зажигания. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение 20—30 *кв*, которое через распределитель поступает к свечам соответствующих цилиндров.

Последующие процессы, происходящие в различных частях схемы бесконтактной системы зажигания, ничем не отличаются от подобных процессов, происходящих в контактной системе зажигания, которые были подробно рассмотрены выше в § 4 (см. рис. 12).

Примерно через 100 *мксек* тиристоры $Д_{11}$ и $Д_{12}$ выключаются, а еще через 100 *мксек* независимо от положения непрозрачного диска запускается преобразователь и заряжает накопительные конденсаторы C_3 и C_4, а после того как прорезь непрозрачного диска пройдет место установки фотодиода, снова повторяются процессы, происходящие в схеме после включения питания и описанные в начале данного раздела.

Конструкция и детали

Основным элементом бесконтактной системы зажигания является фотодиодный датчик, конструкция которого должна удовлетворять конкретным, вполне определенным требованиям, вытекающим из необходимости установки датчика в корпусе стандарт-

ного прерывателя-распределителя без каких-либо переделок или доработок последнего.

Жесткие ограничения размеров датчика, а также вибрации и тяжелые температурные условия, в которых датчик должен работать, определили выбор покупных элементов датчика — источника света и фотодиода (рис. 28).

Установка датчика не требует каких-либо доработок корпуса стандартного прерывателя-распределителя. Незначительной доработке подлежит лишь подвижной диск прерывателя.

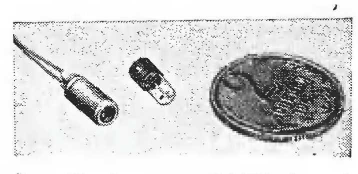


Рис. 28. Фотодиод КФДМ (слева) и сверхминиатюрная лампа накаливания НСМ-9-60-2 (НСМ-10-55-2).

Датчик состоит из двух основных деталей: корпуса (рис. 29) и непрозрачного диска (рис. 30 и 31). Чертежи корпуса датчика приведены на рис. 32 *. Корпус является сложной деталью, состоящей в свою очередь из двух основных деталей — собственно корпуса *1* (рис. 32) и крепежной планки *2*. Собственно корпус представляет собой фигурную деталь, изготовленную из дюралюминия марки Д16Т фрезерованием. В специальных отверстиях корпуса размещаются лампа накаливания и фотодиод. Фотодиод закрепляется с помощью винта М 2,5 × 0,45, вворачиваемого в резьбовое

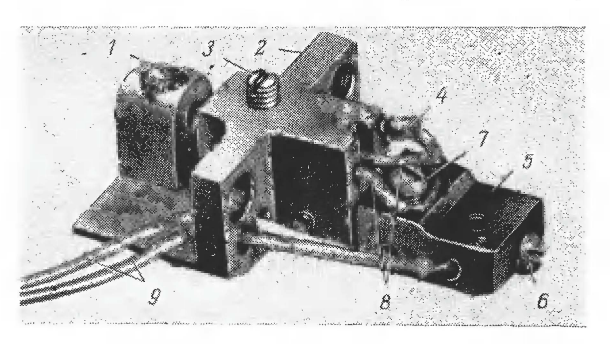


Рис. 29. Корпус фотодиодного датчика.

1 — **отверстие лампы;** *2* — **собственно корпус;** *3* — **винт крепления фотодиода;** *4* — **латунный штырь;** *5* — **крепежная планка;** *6* — **винт резьбовой втулки** *5* **на рис. 32;** *7* — резьбовая втулка *4* на рис. 32; *8* — выводы фотодиода; *9* — **провода к электронному блоку.**

отверстие в передней части корпуса. Лампа закрепляется с помощью крепежной планки, прижимаемой к корпусу винтом М2 × 0,4.

Крепежная планка изготавливается из текстолита и имеет латунный контакт *3*, вклеенный на эпоксидном компаунде в специ-

---

* Чертежи фотодиодного датчика даны применительно к прерывателю-распределителю Р23 автомашины М20 «Победа». Для установки в корпусах прерывателей-распределителей других типов размеры датчика должны быть соответственно изменены.

альный паз планки и электрически соединенный с резьбовой втулкой *5*, запресованной в специальное отверстие крепежной планки. Через латунный контакт крепежной планки осуществляется элек-

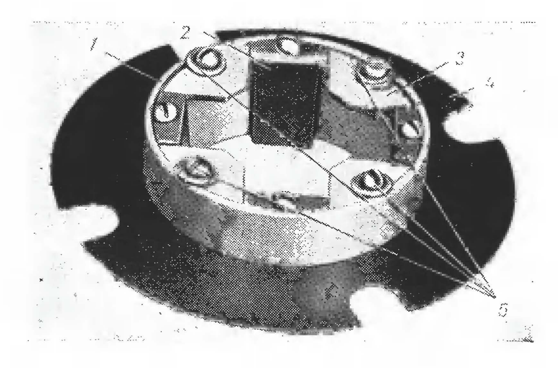


Рис. 30. Непрозрачный диск в сборе.
1 — стопорное кольцо; *2* — пружины; *3* — основание; *4* — диск; *5* — винты крепления стопорного кольца и диска.

трическое соединение с одним из выводов лампы. Другой вывод лампы соединяется непосредственно с корпусом.

Конструкция латунного контакта крепежной планки обеспечивает возможность некоторого продольного перемещения лампы, не-

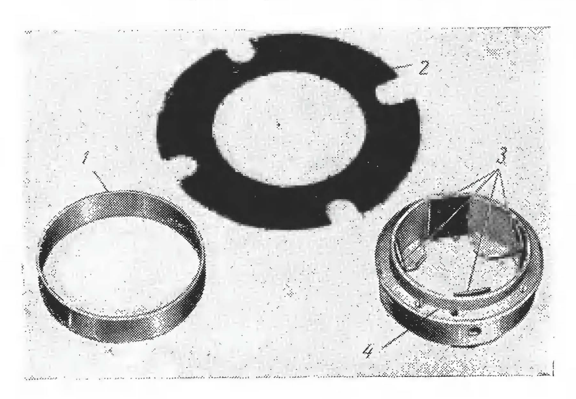


Рис. 31. Детали непрозрачного диска.
1 **— стопорное кольцо;** ***2*** **— диск;** ***3*** **— пружины;** ***4*** **— основание непрозрачного диска.**

обходимое для первоначальной установки ее нити против центра окна фотодиода.

Один из выводов фотодиода подсоединен к резьбовой втулке *4*, а другой — к латунному штырю, запрессованному в отверстие торцевой части корпуса (см. рис. 29).

С помощью винтов М2 × 0 4, вворачиваемых в резьбовые втулки *4* и *5*, запрессованные в отверстия крепежной планки, осуществляется подсоединение проводов от электронного блока

При изготовлении крепежной планки два отверстия диаметром 1,5 *мм* на боковой стенке планки, в которые вставляются провода от электронного блока (рис 29), и резьбовое отверстие М2 × 0,4 на торцевой части планки (см вид *Б* на рис 32) сверлят (нарезают) после запрессовки резьбовых втулок

Корпус датчика крепится на предварительно доработанном подвижном диске прерывателя с помощью двух винтов М3 × 0,5

Чертеж доработанного подвижного диска прерывателя показан на рис 33 Доработка подвижного диска заключается в снятии с него всех расположенных на нем деталей, кроме шипа тяги вакуумного автомата опережения зажигания, и некотором изменении формы диска в соответствии с рис 33 Кроме того, необходимо сделать два резьбовых отверстия М3 × 0,5 для крепления корпуса датчика

Доработку подвижного диска прерывателя следует делать, предварительно отделив его от неподвижного диска, для чего до

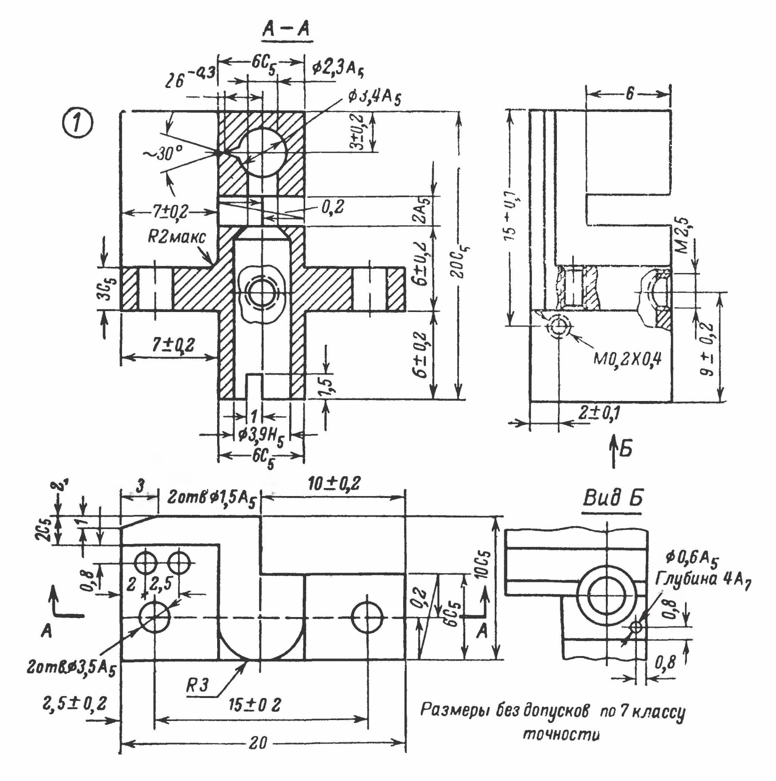


Рис 32 Чертежи корпуса

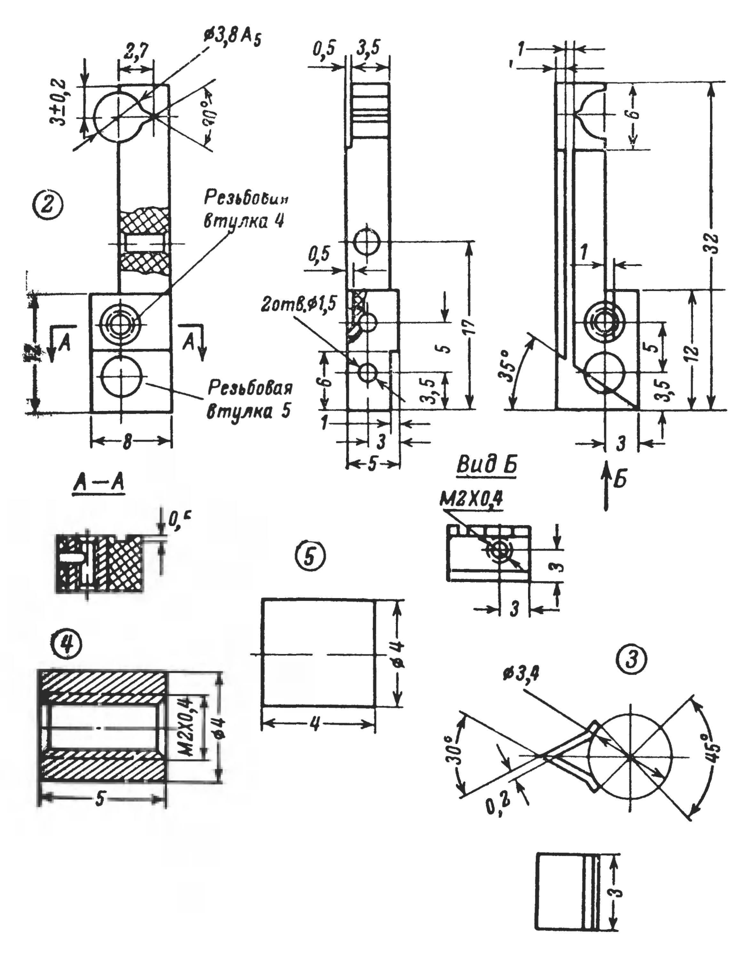
1 — собственно корпус, *2* — крепежная планка.

статочно отвернуть два винта в нижней части неподвижного диска и снять стопорные пружины

На рис 34 показан доработанный подвижной диск с установленным на нем корпусом фотодиодного датчика в сборе с неподвижным диском [1]

Непрозрачный диск, чертежи которого даны на рис 35, представляет собой сложную деталь, состоящую из семи элементов: основания, диска, стопорного кольца и четырех пружин

[1] Резьбовые отверстия под винты скоб крепления проводов на рис 33 не показаны



...тодиодного датчика

– латунный контакт *4* и *5* — резьбовые втулки

Основание *1* и стопорное кольцо *2* изготавливаются из дюралюминия марки Д16Т, диск *3* — из стали 65Г, а пружины *4* — из фосфористой бронзы ОФ. Диск имеет четыре прорези (по числу цилиндров двигателя). Ширина прорезей выбрана из условия удобства сборки и разборки датчика: верхняя часть корпуса датчика свободно проходит в прорезь диска.

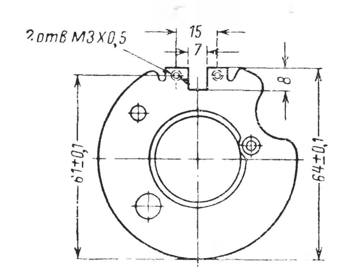


Рис. 33. Чертеж доработанного подвижного диска прерывателя.

Диск прижимается к буртику основания стопорным кольцом с помощью четырех винтов М2×0,4 с шайбами диаметром 4 *мм*, ввинчиваемых в резьбовые отверстия основания. Основание надевается на кулачок прерывателя и удерживается на нем с помощью четырех пружин, закрепленных на основании винтами М2 × 0,4. Каких-либо доработок кулачка прерывателя делать не требуется.

Стандартный прерыватель-распределитель типа Р23 с установленным в нем фотодиодным датчиком показан на рис. 36.

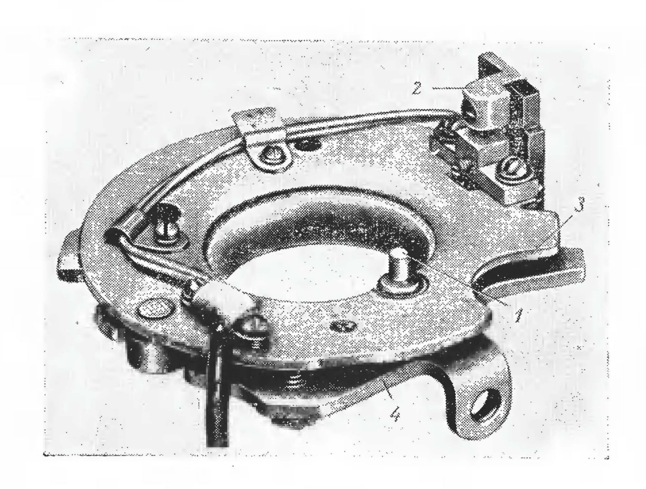


Рис. 34. Подвижной диск прерывателя с установленным на нем корпусом фотодиодного датчика.

1 — шип тяги вакуумного автомата опережения зажигания; *2* — корпус фотодиодного датчика; *3* — подвижной диск прерывателя; *4* — неподвижный диск прерывателя.

Провода от датчика выводятся через отверстие в корпусе прерывателя-распределителя после снятия установленного в этом отверстии выводного зажима.

Конструкция электронного блока бесконтактной системы зажигания может быть произвольной; необходимо лишь, чтобы транзи-

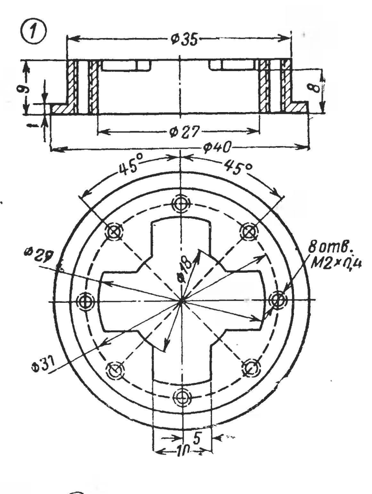
сторы преобразователя T_1 и T_2, а также стабилитроны $Д_{16}$ и $Д_{17}$ и транзистор T_7 были установлены на теплоотводах, например на тонких слюдяных или лавсановых прокладках на корпусе блока. Конструкция электронного блока бесконтактной системы зажигания может быть подобной конструкции электронного блока контактной системы зажигания, описанной в предыдущем параграфе. Трансформатор $Тр_1$ имееет те же данные, что и в электронном блоке контактной системы зажигания, за исключением обмотки w_5, которая в случае применения тороидального сердечника должна иметь 60 витков провода ПЭВ 0,4, а в случае Ш-образного сердечника Ш 16 × 16 45 витков этого же провода.

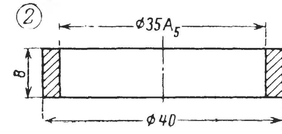
Типы полупроводниковых приборов, применяемых в электронном блоке бесконтактной системы зажигания, указаны на схеме.

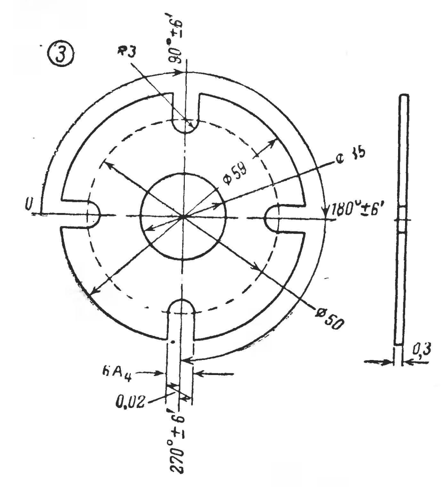
Стабилитроны $Д_{16}$ и $Д_{17}$ должны быть подобраны таким образом, чтобы напряжение стабилизации составляло 8—9 *в*, если в датчике применена лампа НСМ 10-55-2 и 7—8 *в*, если применена лампа НСМ 9-60-2.

Конденсатор C_1 типа К50-6, C_2 — К40-П-2Б; C_3 и C_4 — МБГО или МБМ, C_5 — КСО, C_6 — МБМ.

Сопротивления и мощности рассеивания резисторов, емкости и рабочие напряжения







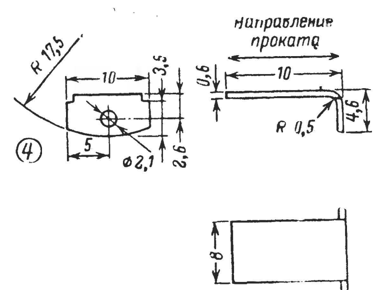


Рис. 35. Чертежи непрозрачного диска.
1 — основание; 2 — стопорное кольцо; 3 — диск; 4 — пружина.

конденсаторов указаны на схеме. Могут быть применены и другие элементы с соответствующими техническими данными. Все рекомендации по замене, проверке и отбору элементов, данные в предыдущем разделе, остаются в силе.

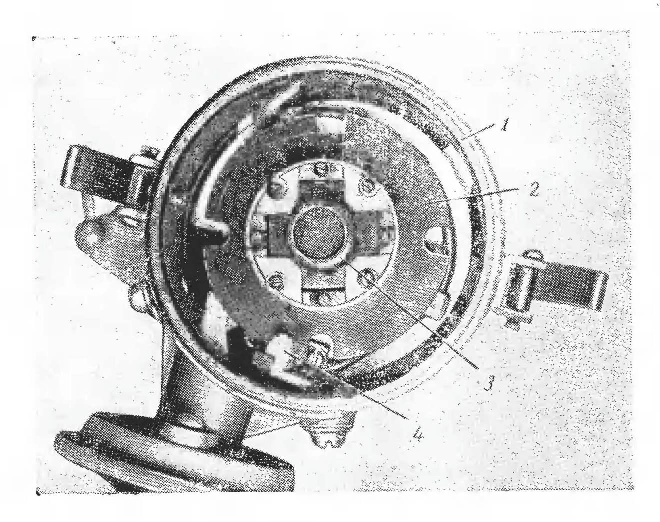


Рис. 36. Стандартный прерыватель-распределитель типа Р23 с установленным в нем фотодиодным датчиком.

1 — корпус прерывателя-распределителя; *2* — непрозрачный диск; *3* — кулачок; *4* — корпус фотодиодного датчика.

Сборка, налаживание и установка на автомобиле

Сборку и монтаж датчика в корпусе прерывателя-распределителя следует вести в следующей последовательности:

1. Установить и закрепить в корпусе датчика фотодиод. Катод фотодиода припаять к латунному стержню, запрессованному в торцевой части корпуса датчика, а анод — к резьбовой втулке крепежной планки (см. рис. 29). Установить лампу и закрепить ее с помощью винта, прижимающего крепежную планку к корпусу датчика.

2. Установить корпус датчика на подвижной диск прерывателя и закрепить винтами. К резьбовым втулкам крепежной планки подсоединить выводные провода, закрепив их скобками, как показано на рис. 34.

3. Отрегулировать положение нити лампы относительно окна фотодиода, для чего к корпусу датчика и выводу лампочки подключить источник постоянного напряжения 6—8 *в*, а между выводом от фотодиода и корпусом датчика включить микроамперметр с током полного отклонения стрелки 150—250 *мка* минусом к корпусу датчика.

Ослабить винт крепления крепежной планки и, передвигая лампу, например с помощью спички, добиться максимального от-

клонения стрелки микроамперметра, после чего затянуть винт крепежной планки.

4. Установить и закрепить в корпусе прерывателя-распределителя неподвижный диск в сборе с подвижным и установленным на нем корпусом датчика (см. рис. 34).

5. Закрепить четыре пружины на основании непрозрачного диска, после чего надеть основание на кулачок прерывателя.

Совместив прорезь диска с корпусом датчика, надеть диск на основание. Надеть на основание стопорное кольцо и, закрепив его четырьмя винтами с шайбами, проверить положение диска относительно корпуса датчика. Непрозрачный диск должен полностью перекрывать окно фотодиода и находиться примерно в середине прорези корпуса датчика по ее высоте.

При вращении оси прерывателя непрозрачный диск не должен касаться корпуса датчика.

Перекрытие окна фотодиода регулируется перемещением корпуса датчика относительно подвижного диска прерывателя, для чего необходимо ослабить винты крепления корпуса датчика и передвинуть его в нужном направлении.

Положение непрозрачного диска по высоте регулируется с помощью регулировочных прокладок, которые надеваются на оси шпилек грузиков центробежного регулятора опережения зажигания между грузиками и поводковой пластинкой кулачка.

После установки правильного положения непрозрачного диска относительно корпуса датчика необходимо проверить осевое перемещение кулачка, которое должно быть минимальным, чтобы при поднятом вверх до упора кулачке касания непрозрачного диска о корпус датчика не наблюдалось. Осевое перемещение кулачка регулируется изменением толщины шайбы, находящейся в отверстии кулачка на валу распределителя. Однако осевое перемещение обязательно должно быть, иначе центробежный автомат опережения зажигания не будет работать.

В заключение следует отметить, что все винты, крепящие детали датчика, должны обязательно иметь стопорные шайбы или должны быть поставлены на краске. В противном случае вследствие вибраций, которым датчик постоянно подвержен во время работы, может произойти самоотвертывание каких-либо винтов и датчик выйдет из строя.

Правильно собранная из заведомо исправных деталей система зажигания работает сразу и налаживания не требует. Сразу же после подачи питания должен быть слышен характерный «писк» чистого тона с частотой около 400 *гц*, свидетельствующий о исправной работе преобразователя электронного блока. Искра должна возникать каждый раз при подходе прорези непрозрачного диска к месту расположения корпуса датчика. При освещенном фотодиоде микроамперметр, включенный в разрыв провода от фотодиода к электронному блоку, должен показывать ток не менее 100 *мка*. Темновой ток не должен превышать 5 *мка*.

Напряжение питания лампы НСМ-10-55-2 10 *в*, а лампы НСМ-9-60-2 9 *в*, однако для продления срока службы лампы питаются пониженным напряжением: НСМ-10-55—8—9 *в*, НСМ-9-60—7—8 *в*.

Питание ламп напряжением меньше указанного приводит к резкому уменьшению тока фотодиода и отказу системы зажигания.

Ток переключения релейного усилителя (ток базы транзистора T_3, при котором запираются транзисторы T_6 и T_7) не превышает 50 *мка*, ток отпускания не менее 10 *мка*

Установка момента зажигания производится следующим образом:

Стрелку октан-корректора установить на нулевое деление шкалы.

Ослабить винт крепления корпуса прерывателя и, повернув его в среднее положение, закрепить

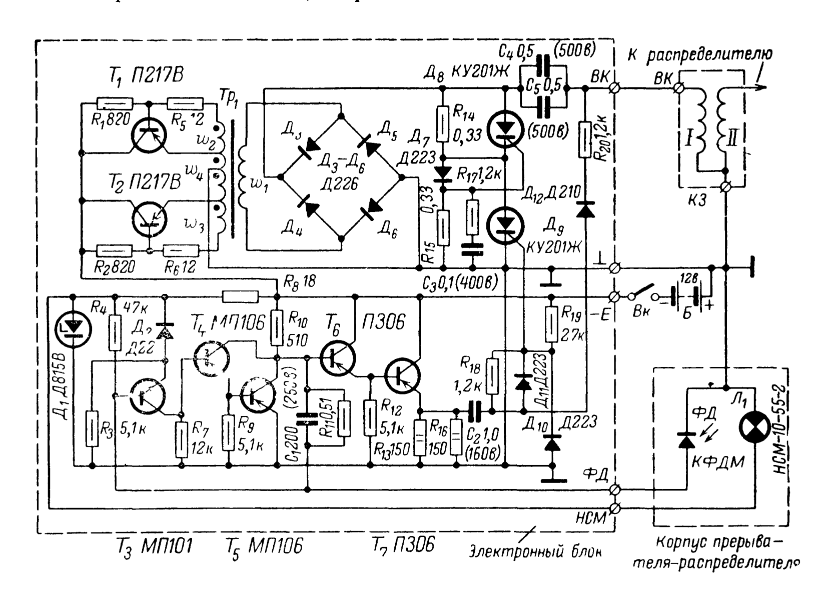


Рис 37 Электрическая принципиальная схема конденсаторной бесконтактной системы зажигания с упрощенным электронным блоком

Установить поршень первого цилиндра в конце такта сжатия. Ослабить четыре винта на основании непрозрачного диска, прижимающие диск к буртику основания, и, поворачивая диск, совместить правый край прорези с левым краем окна фотодиода. Закрепить диск, затянув указанные выше четыре винта на основании непрозрачного диска. Установить на место ротор. Закрепить крышку распределителя. К свече первого цилиндра подсоединить провод от того бокового электрода крышки распределителя, против которого в данный момент находится электрод ротора

Остальные провода подсоединить к свечам зажигания согласно порядку работы цилиндров двигателя, учитывая направление вращения ротора.

Окончательная установка момента зажигания производится, как и обычно, по результатам движения автомобиля путем поворота корпуса распределителя, предварительно ослабив винт крепления его к блоку, или с помощью регулировочных гаек октан-корректора.

Описанная бесконтактная система зажигания с фотодиодом с успехом эксплуатируется автором на автомобиле М20 «Победа» с августа 1967 г. Пробег автомобиля за это время составил около 20 000 *км*

Упрощенная схема электронного блока бесконтактной системы зажигания для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи

Описанный в предыдущем разделе электронный блок бесконтактной системы зажигания универсален Он пригоден для применения как на автомобилях, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи, так и на таких, у которых с корпусом

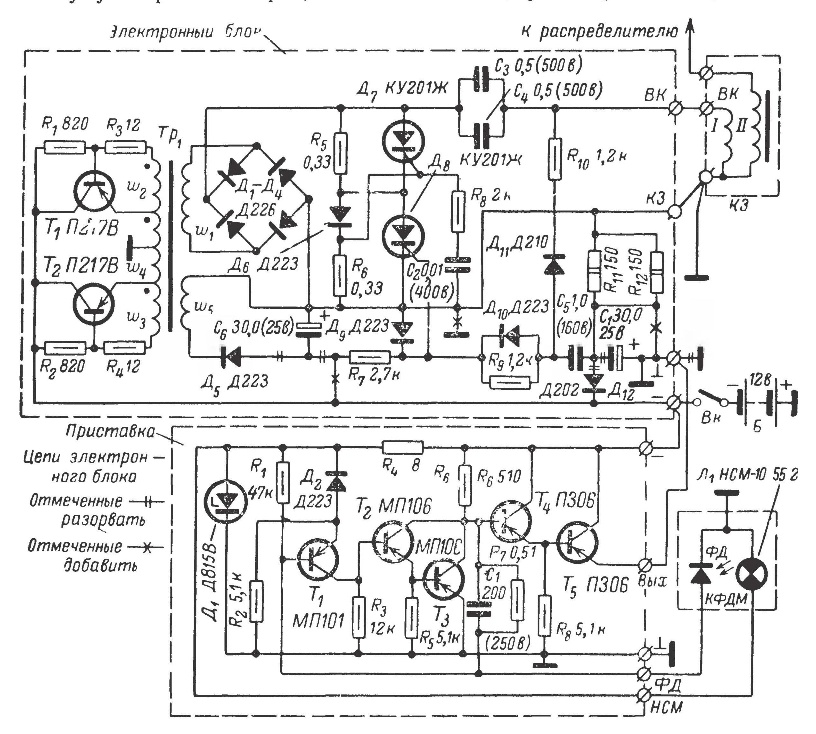


Рис 38 Схема приставки к электронному блоку конденсаторной контактной системы зажигания и необходимые переделки в блоке для работы в бесконтактной системе с фотодиодом

соединен плюс. Однако если электронный блок будет использоваться только на автомобилях, у которых с корпусом соединен плюс, схема блока может быть упрощена

Схема бесконтактной системы зажигания с упрощенным электронным блоком приведена на рис. 37. Как видно, трансформатор Tp_1 имеет лишь четыре обмотки; обмотка w_5 (см. рис. 27) не нужна. В результате может быть применен трансформатор из элек-

тронного блока контактной системы зажигания без какой-либо переделки. Диоды $Д_5$—$Д_8$, стабилитрон $Д_{16}$ и конденсатор C_1 тоже не нужны. Питание схемы управления производится непосредственно от аккумуляторной батареи, а от стабилизатора на стабилитроне $Д_1$ питается, кроме лампы $Л_1$, еще и первый каскад схемы управления (транзистор T_3).

Упрощенная схема электронного блока (рис. 37) имеет еще одно преимущество, заключающееся в том, что если ранее сделан был электронный блок контактной системы зажигания, то, сделав фотодиодный датчик, нет надобности делать новый электронный блок. Достаточно произвести незначительные переделки в старом блоке, а схему управления собрать в виде приставки. Именно такой блок с приставкой был показан ранее на рис. 21. Необходимые переделки в схеме электронного блока контактной системы зажигания, а также схема приставки приведены на рис. 38.

6. НЕКОТОРЫЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНДЕНСАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Общие сведения

Недостатком описанных конденсаторных систем зажигания является падение вторичного напряжения и энергии искрообразования при уменьшении напряжения питания. При исправной аккумуляторной батарее и соответствующем масле в картере двигателя описанные выше конденсаторные системы зажигания обеспечивают уверенный запуск двигателя стартером в холодное время года при температуре до минус 15° С. Однако в случае применения старого аккумулятора, у которого емкость значительно снизилась и соответственно увеличилось внутреннее сопротивление, а также если в двигатель залито слишком вязкое масло, напряжение аккумуляторной батареи при запуске двигателя стартером в холодное время года может снизиться до 6—8 *в* и запуск двигателя стартером окажется затруднительным[1]. В обычной батарейной системе зажигания с этим недостатком борются путем замыкания добавочного резистора $R_{доб}$ (см. рис. 1) одновременно с включением стартера. Однако использование этого принципа в конденсаторной системе зажигания не представляется возможным в связи с тем, что ток, потребляемый конденсаторной системой зажигания, увеличивается с увеличением скорости вращения коленчатого вала двигателя (см. рис. 14). Следовательно, при размыкании $R_{доб}$ после запуска двигателя напряжение питания, а значит вторичное напряжение и энергия искрообразования будут уменьшаться с уменьшением скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Компенсация снижения энергии искрообразования при запуске двигателя стартером

Компенсацию снижения энергии искрообразования в конденсаторной системе зажигания в момент запуска двигателя стартером можно осуществить двумя путями.

---

[1] Здесь следует отметить, что даже и в этом случае описанная конденсаторная система зажигания имеет преимущество перед обычной батарейной, обеспечивая уверенный запуск двигателя рукояткой, что связано с малым потреблением тока в режиме пуска — всего 0,5 *а*, в то время как батарейная система потребляет ток до 4 *а*.

Первый путь — увеличение емкости накопительного конденсатора (C_3 и C_4 на рис. 11, 15, 23 и 24) в момент запуска двигателя; второй путь — увеличение напряжения заряда накопительного конденсатора в момент запуска двигателя.

В соответствии с выражением (3) увеличение емкости накопительного конденсатора повышает энергию искрообразования и, кроме того, понижает частоту колебаний в первичном контуре [см. выражение (4)], вследствие чего длительность искры в свече (рис. 39) увеличивается, что также благоприятно влияет на запуск двигателя.

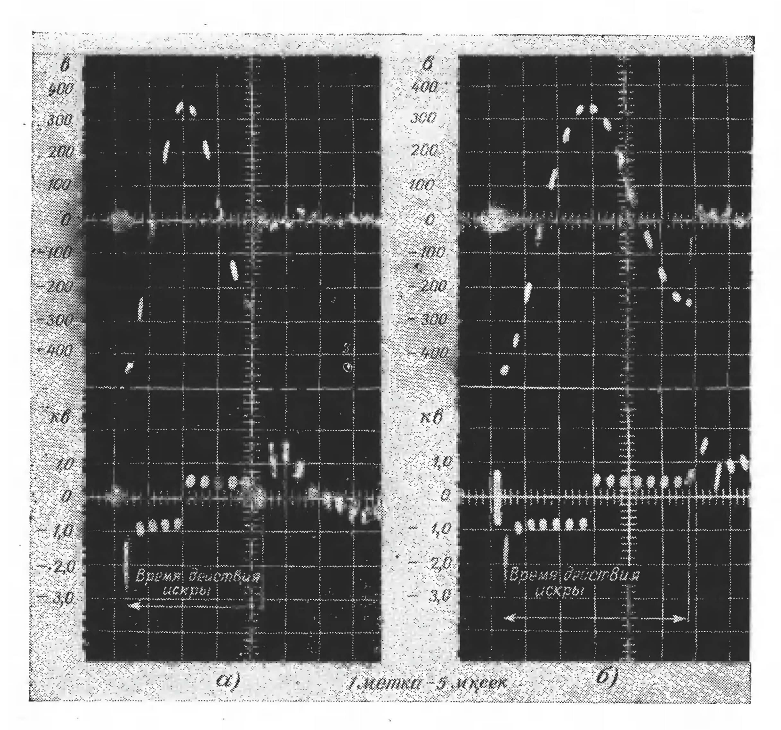


Рис. 39. Осциллограммы напряжений на первичной обмотке катушки зажигания типа Б-1 (вверху) и на свече зажигания при емкостях накопительного конденсатора 1 *мкф* (*а*) и 4 *мкф* (*б*).

При снижении напряжения аккумуляторной батареи, например, вдвое примерно вдвое снижается и напряжение на выходе преобразователя, и для того чтобы энергия искрообразования осталась неизменной, необходимо емкость накопительного конденсатора увеличить в 4 раза [см. выражение (3)].

При увеличении емкости накопительного конденсатора происходит также некоторое увеличение вторичного напряжения $U_{2макс}$, компенсирующее падение напряжения аккумулятора при запуске двигателя стартером [см. выражение (5)]. Степень увеличения $U_{2макс}$ (степень компенсации) определяется соотноше-

нием между емкостью накопительного конденсатора C_1 и приведенной к первичной обмотке катушки зажигания вторичной емкостью, равной $C_2(w_2/w_1)^2$, т е. степенью увеличения множителя

$$\frac{C_1}{C_1+C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}$$

в выражении (5).

В качестве примера рассмотрим следующий случай (см. рис. 40): емкость накопительного конденсатора $C_1=1$ *мкф*; емкость дополнительного конденсатора $C_д$, подключаемого параллельно накопительному во время запуска двигателя, равна 3 *мкф*; напряжение аккумулятора $E_1=12$ *в*; напряжение аккумулятора при запуске двигателя стартером $E_2=6$ *в*; вторичная емкость $C_2=50$ *пф*; коэффициент трансформации катушки зажигания $w_2/w_1=95$ (катушка типа Б-13).

Считая выходное напряжение преобразователя $U_{вых.пр}$ пропорциональным напряжению питания, получим энергию искрообразования при нормальной работе двигателя:

$$W_{C_1}=\frac{C_1E_1^2}{2},$$

а при запуске двигателя стартером

$$W_{C_2}=\frac{(C_1+3C_1)\frac{E_1^2}{4}}{2}=\frac{C_1E_1^2}{2},$$

т. е. энергия искрообразования осталась неизменной. Вторичное напряжение $U_{2макс}$ при этом уменьшится, но не в 2 раза, как уменьшилось напряжение питания E, а в

$$\frac{1}{2}\cdot\frac{4C_1+C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}{C_1+C_2\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2}=\frac{4+50\cdot95^2\cdot10^{-6}}{1+50\cdot95^2\cdot10^{-6}}=\frac{4,45}{2,9}=1,53 \text{ раза}.$$

Таким образом, подключение дополнительного конденсатора емкостью 3 *мкф* компенсирует в данном случае падение первичного напряжения на 30%. Без дополнительного конденсатора вторичное напряжение во время запуска упало бы в 2 раза, например с 30 до 15 *кв*, а с дополнительным конденсатором — только до 19,5 *кв*.

Схема включения дополнительного конденсатора $C_д$ приведена на рис. 40. Резистор R_1 ограничивает ток через контакты реле P_1. Резистор R_2 служит для разряда конденсатора $C_д$ после его отключения. Реле P_1 имеет одну пару нормально разомкнутых контактов и должно быть рассчитано на напряжение 6 *в*. Обмотка реле подключается параллельно стартеру. Вместо реле может быть использован также обычный выключатель, с помощью которого накопительный конденсатор подключается на время запуска двигателя.

Более полную компенсацию падения напряжения аккумулятора при запуске двигателя стартером обеспечивает увеличение напряже-

ния заряда накопительного конденсатора в момент запуска двигателя. Его можно осуществить, например, путем соответствующего изменения коэффициента трансформации трансформатора преобразователя в момент запуска двигателя. Для этого обмотки трансформатора должны иметь отводы. Коэффициент трансформации можно изменять с помощью реле или переключателя.

Однако более удобной является схема, изображенная на рис. 41. На этой схеме первичная обмотка w_4 имеет два дополнительных отвода, которые через диоды $Д_5$ и $Д_7$ подключены к контактам замыкателя стартера. Средняя точка первичной обмотки катушки зажигания подключена к плюсу источника питания также через диод ($Д_6$). Замыкание контактов стартера в момент пуска двигателя увеличивает коэффициент трансформации, компенсируя тем самым падение напряжения аккумулятора, происходящее при работе стартера. Однако при этом следует иметь в виду, что снижение напряжения аккумулятора под нагрузкой стартера не является постоянной величиной и зависит от состояния аккумулятора, температуры двигателя, вязкости масла в картере и ряда других причин. Поэтому если отводы первичной обмотки сделаны в расчете на большое снижение напряжения питания при пуске, а фактически оно оказывается меньше (хороший аккумулятор, теплый двигатель и т. п.), вторичное напряжение, развиваемое преобразователем, может оказаться излишне высоким и может произойти пробой накопительного конденсатора или выпрямительных диодов. Поэтому их следует брать с запасом по пробивному напряжению. Например, если в описанной выше конденсаторной системе зажигания (см. рис. 11) дополнительные отводы обмотки w_4 сделать от 37-го и 63-го витков, то накопительные конденсаторы C_3 и C_4 и диоды $Д_1$—$Д_4$ должны быть рассчитаны на напряжение не менее 600 *в*. Вместо двух конденсаторов C_3 и C_4 типа МБГО в этом случае следует применить один конденсатор типа МБГЧ емкостью 1 *мф* на рабочее напряжение 750 *в*, а в качестве диодов $Д_1$—$Д_4$ — Д234Б. Суммарное напряжение переключения тиристоров $Д_7$ и $Д_6$ также должно быть не менее 600 *в*, чтобы не произошло их самопроизвольного переключения. Отводы обмотки w_1 на схеме на рис. 41 облегчают настройку схемы.

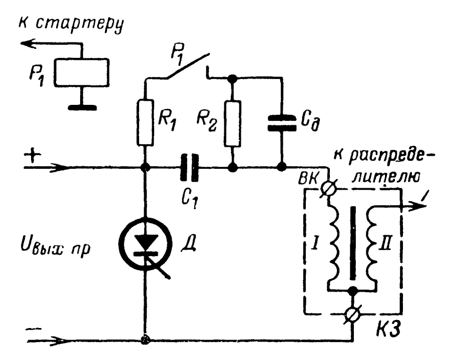


Рис 40 Схема включения дополнительного накопительного конденсатора во время пуска двигателя стартером

Известны также другие схемные решения, обеспечивающие компенсацию снижения энергии искрообразования в конденсаторной системе зажигания в момент запуска двигателя стартером. Например, питание системы зажигания может быть осуществлено от стабилизатора напряжения, поддерживающего напряжение питания постоянным независимо от того, включен стартер или нет. Однако такой способ неэкономичен, так как часть мощности батареи бес-

полезно теряется на стабилизаторе Кроме того, ухудшаются характеристики системы зажигания. Известна также схема стабилизации напряжения на накопительном конденсаторе с помощью элек-

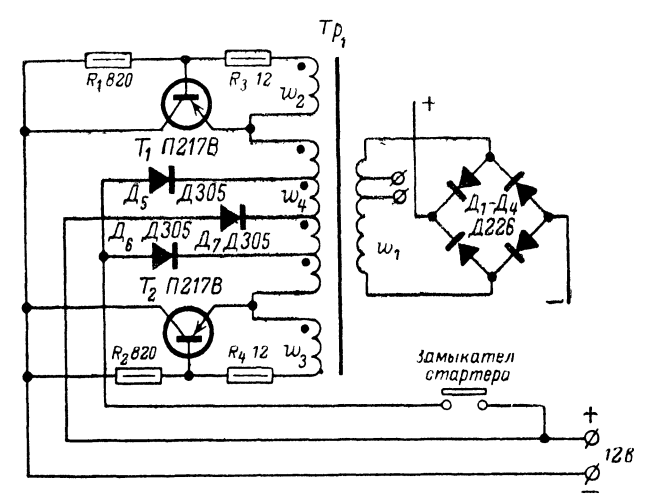


Рис. 41. Схема изменения коэффициента трансформации трансформатора преобразователя во время запуска двигателя стартером.

тронного ключа, управляемого пороговой схемой, связанной с выходом преобразователя [Л. 26]. Эта схема более экономична, однако она тоже ухудшает характеристики системы зажигания и, кроме того, значительно усложняет электронную систему зажигания.

Многократное искрообразование во время запуска двигателя

Иногда для облегчения запуска холодного двигателя может оказаться полезным многократное искрообразование после размыкания контактов прерывателя. Однако нежелательно, чтобы искрообразование продолжалось в течение всего времени, пока контакты прерывателя разомкнуты. Это может ухудшить условия запуска. Необходимо, чтобы после размыкания контактов прерывателя было определенное количество искр, число которых можно было бы регулировать.

На рис. 42 приведена схема приставки к электронному блоку конденсаторной системы зажигания (см. рис. 15), обеспечивающая регулируемое многократное искрообразование в пределах от 2 до 12—15 искр после размыкания контактов прерывателя.

Приставку подключают следующим образом: зажим *КЗ* приставки соединяют с зажимом *КЗ* электронного блока, зажим *ПР* приставки соединяют с предварительно отключенным от катушки зажигания подвижным контактом прерывателя. Приставка состоит из мультивибратора, собранного на транзисторах T_2 и T_3, реле времени на транзисторе T_1 и транзистора T_4, подключенного через диод $Д_4$ параллельно контактам прерывателя.

Когда выключатель *ВК* приставки разомкнут, система зажигания работает, как обычно, в одноискровом режиме. Лишь в цепь заряда конденсатора C_5 электронного блока (рис. 15) добавляется диод $Д_4$ приставки.

При включении выключателя *Вк* приставки начинает работать мультивибратор, генерирующий импульсы с частотой около 200 *гц*

Когда контакты прерывателя замкнуты, транзистор T_4 обесточен: его коллектор соединен с эмиттером через диод $Д_4$ и замкнутые контакты прерывателя. После размыкания контактов прерывателя

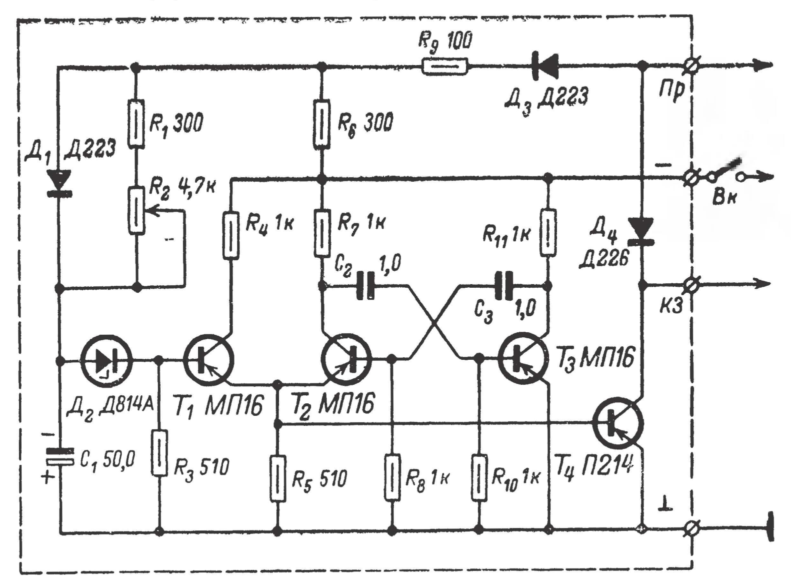


Рис. 42. Схема приставки к электронному блоку конденсаторной контактной системы зажигания, обеспечивающей регулируемое многократное искрообразование.

на транзистор T_4 через диод $Д_{12}$ и параллельно соединенные резисторы R_{11}, R_{12} электронного блока подается напряжение питания, и так как база транзистора T_4 соединена с эмиттером транзистора T_2 мультивибратора, транзистор T_4 начинает попеременно отпираться и запираться с частотой колебаний мультивибратора.

Вследствие того что транзистор T_1 включен параллельно контактам прерывателя через диод $Д_4$, его отпирание равносильно замыканию, а запирание — размыканию контактов прерывателя. В системе зажигания происходит многократное искрообразование с частотой колебаний мультивибратора.

Сразу же после размыкания контактов прерывателя начинается заряд конденсатора C_1 реле времени. Заряд конденсатора C_1 происходит по цепи минус аккумуляторной батареи — резисторы R_6 и R_1 — переменный резистор R_2, плюс аккумуляторной батареи. Как только напряжение на конденсаторе C_1 достигнет напряжения стабилизации стабилитрона $Д_2$, его сопротивление резко падает, транзисторы T_1 и T_4 отпираются. Теперь транзистор T_4 будет отперт

эмиттерным током транзистора T_1 независимо от состояния транзистора T_2 мультивибратора. Искрообразование в системе прекращается.

После замыкания контактов прерывателя происходит разряд конденсатора C_1 по цепи диод $Д_1$ — резистор R_9 — диод $Д_3$ — замкнутые контакты прерывателя. Сопротивление стабилитрона $Д_2$ увеличивается, транзистор T_1 запирается, и приставка готова к следующему циклу многократного искрообразования

Количество искр после размыкания контактов прерывателя, зависящее от частоты мультивибратора и выдержки времени между моментом размыкания контактов прерывателя и моментом отпирания транзисторов T_1 и T_4, регулируется с помощью переменного резистора R_2. Частоту мультивибратора не следует брать выше 250—270 *гц*, так как иначе могут не успеть полностью зарядиться накопительные конденсаторы и энергия каждой искры уменьшится.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭЛЕКТРОННЫЙ «СТОРОЖ» АВТОМОБИЛЯ

7. ВВЕДЕНИЕ

Каждый автомобиль должен быть оборудован устройством, предотвращающим проникновение в его кабину посторонних лиц и пуск двигателя этими лицами.

Известна простая схема сигнализации (рис 43). Сигнальные контакты *СК* устанавливаются в дверях и багажнике автомобиля. В ка-

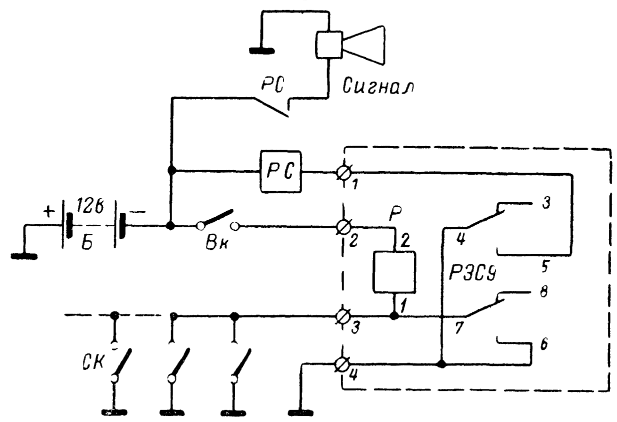


Рис. 43. Простая схема сигнализации о проникновении в кабину автомобиля посторонних лиц.

честве сигнальных контактов удобны стандартные нормально замкнутые автомобильные кнопки, используемые в отечественных легковых автомобилях для включения плафона при открывании дверей.

Выключатель *Вк* располагается снаружи автомобиля. С помощью его производятся включение и отключение сигнализации.

Если выключатель *Вк* включен, к выводу *2* обмотки реле *Р* подводится напряжение аккумуляторной батареи (на рис. 23 — минус, но можно и плюс; полярность не имеет значения).

При открывании двери или багажника соответствующие сигнальные контакты *СК* замыкаются. Реле *Р* срабатывает. Его контакты *7—6* и *4—5* замыкаются. Контакты *7—6* блокируют сигнальные контакты, а контакты *4—5* замыкают цепь питания реле сигналов *РС*, включающее сигнал. Теперь, даже если все двери и багажник закрыть, реле *Р* не обесточится. Для отключения сигнализации необходимо разомкнуть контакты выключателя *Вк*.

Однако включение и отключение сигнализации снаружи автомобиля по вполне понятным причинам не всегда удобно и является существенным недостатком этой схемы. Описываемый ниже прибор свободен от этого недостатка. Включение и отключение сигнализации производятся внутри кабины автомобиля, что достигается с помощью двух электронных реле времени, создающих необходимые задержки.

Отличительной чертой прибора является то, что он не потребляет энергии от аккумулятора после своего включения. Это достигается применением дистанционных переключателей РПС-20 (в дальнейшем для краткости именуемых реле)

8. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Схема прибора вместе с цепями соединения на автомобиле изображена на рис. 44. Эта схема предназначена для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи.

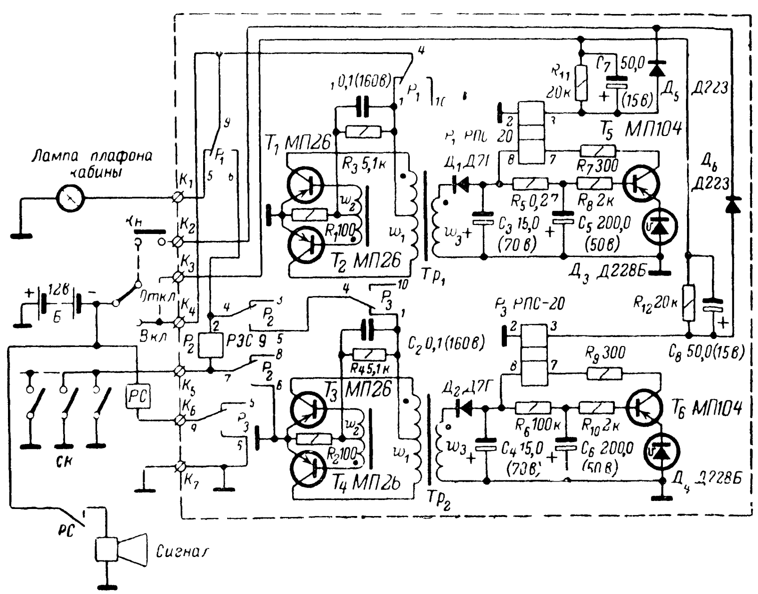


Рис. 44 Схема электронного «сторожа» для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи.

Схема прибора состоит из двух электронных реле времени, двух транзисторных преобразователей, коммутирующего реле P_2 и цепей коммутации.

Реле времени, собранное на транзисторе T_5, предназначено для создания задержки времени, необходимой для выхода из автомобиля после включения сигнализации.

Реле времени, собранное на транзисторе T_6, создает задержку времени, необходимую для отключения сигнализации после входа в автомобиль

Преобразователи, собранные на транзисторах T_1—T_4, предназначены для питания реле времени постоянным напряжением 50 *в*

Реле P_2 обеспечивает блокировку сигнальных контактов

При монтаже прибора на автомобиле электрические соединения выполняются в соответствии со схемой на рис. 44, причем цепи от зажимов K_2 и K_3, показанные пунктиром, могут быть либо обе, либо только одна из них

9. РАБОТА ПРИБОРА

Работает прибор следующим образом. Допустим, что цепь от зажима K_3 отсутствует, а имеется лишь цепь от зажима K_2. При этом если переключатель *П* находится в положении *Откл*, то надо нажать и отпустить кнопку *Кн*. Произойдет «ориентация» реле P_1 и P_3, так что их контакты *9* и *5* и *4* и *1* замкнутся. При переводе переключателя *П* в положение *Вкл* напряжение аккумулятора через замкнутые контакты *9—5* реле P_1 поступает на плафон освещения кабины, который зажигается.

Одновременно напряжение аккумулятора через контакты *4—1* реле P_1 поступает к преобразователю напряжения на транзисторах T_1 и T_2 и преобразователь запускается. Начинает работать реле времени на транзисторе T_5, обеспечивающее выдержку времени для выхода водителя из автомобиля.

Время выдержки выбирается в пределах 20—60 *сек*, чтобы можно было успеть выйти из кабины, закрыть и запереть двери.

Реле времени работает следующим образом.

Конденсатор C_5 через резистор R_5 начинает заряжаться до напряжения преобразователя (около 50 *в*). Напряжение на динисторе $Д_3$ повторяет напряжение на конденсаторе C_5, так как динистор $Д_3$ включен в цепь эмиттера транзистора T_5, база которого через резистор R_8 подключена к конденсатору C_5. Когда напряжение на конденсаторе C_5 достигает напряжения переключения динистора $Д_3$, последний переключается. Динистор $Д_3$ подключен к конденсатору C_5 через транзистор T_3 для уменьшения шунтирующего действия динистора в момент переключения.

При переключении динистора $Д_3$ в цепи база — эмиттер транзистора T_5 проходит импульс разрядного тока конденсатора C_5. Этот импульс усиливается транзистором T_5 и проходит через обмотку *7—8* реле P_1 Реле P_1 переключается и замыкаются его контакты *4—10* и *9—6*.

Преобразователь отключается от источника питания. Плафон в кабине гаснет. Напряжение аккумулятора подается на вывод *2* обмотки P_2.

Отличительной чертой описанного реле времени является то, что энергия, накопленная в конденсаторе C_5, в процессе выдержки времени почти полностью используется для срабатывания исполнитель-

ного механизма — дистанционного переключателя, что позволяет уменьшить габариты реле времени и всего устройства в целом

При открывании двери или багажника сигнальные контакты замыкают цепь питания обмотки реле P_2. Оно срабатывает и своими контактами *7* и *6* блокирует сигнальные контакты Теперь даже если дверь или багажник закрыть (сигнальные кнопки разомкнутся), реле P_2 не обесточится. Через контакты *4* и *5* реле P_2 питание поступает к преобразователю на транзисторах T_3 и T_4. Начнет работу реле времени на транзисторе T_6 и динисторе $Д_4$ Это реле работает аналогично описанному выше, но имеет меньшую выдержку времени (7—10 *сек*), так как сопротивление резистора R_6 меньше сопротивления резистора R_5. За это время водитель, войдя в кабину, должен успеть поставить переключатель *П* в положение *Откл*. В противном случае через 7—10 *сек* реле времени сработает, контакты *6* и *9* реле P_3 замкнутся и подадут питание на реле сигналов *PC*. Теперь если и поставить переключатель *П* в положение *Откл*, реле сигналов останется включенным и сигнал будет продолжать работать

Есть несколько способов привести схему в исходное состояние. Пусть каждый автолюбитель подумает и сделает так, как сочтет удобнее. Укажем лишь, что если зажим K_3 соединить с зажимом K_4, то «ориентация» дистанционных переключателей будет происходить автоматически при установке переключателя *П* в положение *Вкл* током заряда конденсаторов C_7 и C_8 Резисторы R_{11} и R_{12} создают цепи разряда конденсаторов C_7 и C_8. Диоды $Д_5$ и $Д_6$ развязывают цепи автоматической ориентации от цепей ручной ориентации (с помощью кнопки *Кн*).

Схема для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи, отличается от схемы на рис 44 следующим Конденсатор C_1, резистор R_3 и средняя точка обмотки w_1 трансформатора Tp_1 отсоединяются от контакта *1* реле P_1 и соединяются с корпусом, а точка соединения эмиттеров транзисторов T_1, T_2 и резистора R_1 отсоединяется от корпуса и соединяется с контактом *1* реле P_1 Аналогичные изменения делаются в преобразователе на транзисторах T_3, T_4 и трансформаторе Tp_2 Кроме того, нужно поменять местами выводы *2* и *3* обмоток реле P_1 и P_3 и изменить полярность включения диодов $Д_5$ и $Д_6$ и конденсаторов C_7 и C_8.

10. КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

В процессе эксплуатации прибор будет подвергаться воздействию вибраций и ударов, поэтому он должен быть достаточно прочен. Кроме того, его желательно защитить от пыли. В остальном никаких особых требований к конструкции прибора нет

Типы транзисторов и диодов, сопротивления и мощности рассеивания резисторов, емкости и рабочие напряжения конденсаторов указаны на схемах.

Конденсаторы C_5 и C_6 следует выбирать по возможности с меньшим током утечки.

Данные трансформаторов Tp_1 и Tp_2 следующие. Сердечник тороидальный ленточный ОЛ-12/20-6,5 из стали Э-330 (лента 0,08); обмотка w_1 содержит 200+200 витков провода ПЭВ 0,1; обмотка w_2 — 20+20 витков провода ПЭВ 0,07; w_3 — 910 витков провода ПЭВ 0,07

Может быть применен и другой сердечник, например Ш-образный, но числа витков обмоток при этом необходимо пересчитать [Л. 9].

Реле P_1 и P_3 — дистанционные переключатели типа РПС-20 (паспорт РС4.521.753); P_2 — типа РЭС-9 (паспорт РС4.524.202).

11. НАЛАЖИВАНИЕ И МОНТАЖ НА АВТОМОБИЛЕ

Если детали исправны и схема собрана правильно, прибор начинает работать сразу и налаживания не требует.

При сборке прибора следует обратить внимание на правильность подключения обмоток трансформаторов Tp_1 и Tp_2. Начала обмоток обозначены точками. Кроме того, следует обратить внимание на правильность подсоединения обмоток дистанционных переключателей P_1 и P_3.

Выдержки времени можно изменять в широких пределах путем изменения сопротивлений резисторов R_5 и R_6 и емкостей конденсаторов C_5 и C_6. Однако сопротивления резисторов R_5 и R_6 не следует брать более 400 *ком*, так как при повышении температуры ток утечки конденсаторов C_5 и C_6 возрастает и реле времени может вообще не сработать из-за того что напряжение на конденсаторах C_5 и C_6 может не достичь величины напряжения переключения динисторов $Д_3$ и $Д_4$.

На автомобиле прибор лучше всего монтировать рядом с реле сигналов. В этом случае провод от зажима K_6 будет трудно найти и оборвать. Остальные же провода после срабатывания сигнализации роли не играют. Если их оборвать, сигнал все равно будет продолжать работать.

В качестве переключателя *П* можно применить любой тумблер или переключатель на два положения.

Кнопка *Кн* любая нормально разомкнутая.

Переключатель *П* и кнопку *Кн* монтируют в удобном для водителя месте.

В заключение следует отметить, что зажим K_6 не обязательно соединять с реле сигналов. Можно применить и другие виды сигнализации, например световую, радиотехническую и пр.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ТЕСТЕР АВТОМОБИЛИСТА

12. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

Тестер позволяет измерять напряжение в системе электрооборудования автомобиля, скорость вращения коленчатого вала двигателя, проверять правильность регулировки прерывателя и состояние пружины его подвижного контакта, правильность установки момента зажигания, работоспособность вакуумного и центробежного автоматов опережения зажигания. Пределы измерений напряжения 9—14 *в*. Пределы измерений скорости вращения коленчатого вала 0—5 000 *об/мин* четырехцилиндрового четырехтактного двигателя.

Внешний вид тестера показан на рис. 45, а на рис. 47 приведена принципиальная электрическая схема тестера. Тестер собран на семи транзисторах, семи диодах и пяти стабилитронах.

В положении 1 переключателя $П_1$ (V) производится измерение напряжения. Зажим ⊥ соединяется с корпусом автомобиля, зажим $+E$ — с положительным полюсом аккумулятора, а зажим *Вход* подсоединяется к точке, где нужно измерить напряжение.

Упрощенная схема измерения напряжения показана на рис. 46. Наличие источника опорного напряжения $U_{оп}$ позволяет получить растянутую шкалу вольтметра. В качестве источника опорного напряжения используется стабилизатор на стабилитроне $Д_6$ и резисторе R_{17}. Питание стабилизатора осуществляется от выпрямителя на

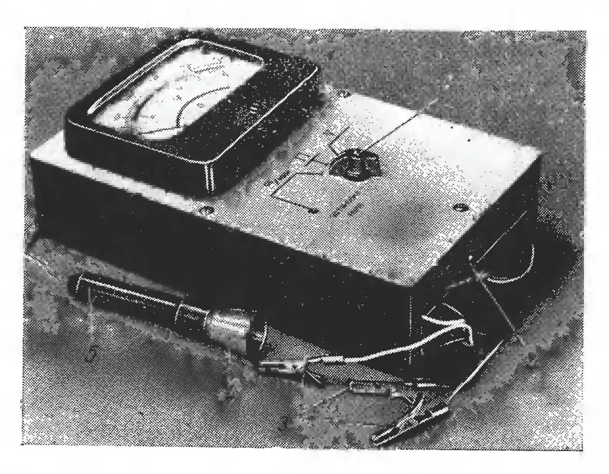


Рис. 45. Внешний вид тестера.
1 — переключатель $П_1$; 2 — отсек держателя неоновой лампы; 3 — зажимы «крокодил» для подключения тестера; 4 — рефлектор; 5 — держатель неоновой лампы.

диоде $Д_7$ и конденсаторе C_5, выпрямляющего переменное напряжение прямоугольной формы, получаемое с преобразователя на транзисторах T_6 и T_7. Преобразователь собран по обычной двухтактной схеме с общим эмиттером.

Необходимость в преобразователе вызвана тем, что для измерения напряжения на растянутой шкале в пределах от 9 до 14 *в* опорное напряжение, равное нижнему пределу шкалы 9 *в*, должно оставаться постоянным при падении напряжения аккумулятора ниже этого предела, а для этого необходимо к стабилизатору подводить напряжение, превышающее напряжение аккумулятора.

Начало шкалы вольтметра устанавливается с помощью потенциометра R_{15}, а градуировка — с помощью переменного резистора R_3.

В положении 2 переключателя $П_1$ проверяются регулировка зазора прерывателя и состояние пружины подвижного контакта. В этом случае зажим *Вход* подключается к подвижному контакту прерывателя (см. рис. 1). Зажимы ⊥ и $+E$ остаются подключенными соответственно к корпусу автомобиля и положительному полюсу аккумулятора.

В течение времени, когда контакты прерывателя разомкнуты, на базу транзистора T_5 через резистор R_{30} поступает положительное

напряжение аккумулятора и транзистор T_5 отперт. Когда контакты прерывателя замкнуты, положительное напряжение на базу транзистора T_5 не поступает и он заперт. Поэтому напряжение на нагрузке транзистора T_5 — резисторе R_{29} во время работы двигателя представляет собой прямоугольные импульсы, частота следования которых равна частоте искрообразования в системе зажигания, а скважность определяется относительной замкнутостью контактов прерывателя, которая в свою очередь при прочих равных условиях определяется величиной зазора в прерывателе (см. стр. 9).

Ток через микроамперметр $ИП_1$, подключенный в данном случае параллельно нагрузке транзистора T_5, оказывается обратно пропорциональным относительной замкнутости контактов прерывателя и по его величине можно судить о величине зазора в прерывателе.

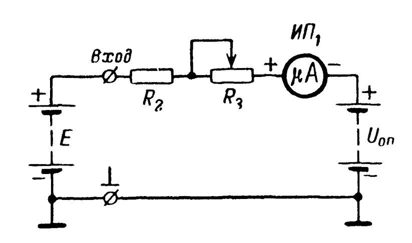


Рис. 46 Упрощенная схема измерения напряжения

Наблюдая за показаниями микроамперметра $ИП_1$ при увеличении числа оборотов коленчатого вала двигателя, можно судить также об упругости пружины подвижного контакта прерывателя. Если упругость пружины мала, относительная замкнутость с увеличением числа оборотов будет уменьшаться, и ток через микроамперметр — увеличиваться.

Стабилитрон $Д_9$ и резистор R_{28} обеспечивают стабилизацию амплитуды импульсов, что делает показания прибора не зависящими от колебаний напряжения питания.

Диод $Д_{11}$ защищает базу транзистора T_5 от отрицательных импульсов, имеющихся во входном сигнале (см. рис. 5).

Резистор R_{30} ограничивает ток базы транзистора T_5. Диод $Д_{10}$ обеспечивает надежное запирание транзистора T_5, когда контакты прерывателя замкнуты.

Градуировка шкалы относительной замкнутости контактов прерывателя производится с помощью переменного резистора R_{26}.

В положении *3* переключателя $П_1$ (*об/мин*) производятся измерение скорости вращения коленчатого вала двигателя, проверка установки момента зажигания, работоспособности вакуумного и центробежного автоматов опережения зажигания. Зажимы прибора подсоединяются к тем же точкам, что и при проверке прерывателя[1].

В качестве входного сигнала используется первая отрицательная полуволна затухающих синусоидальных колебаний, возникающих в первичной цепи катушки зажигания в момент размыкания контактов прерывателя (см. рис. 5). Обычно амплитуда первой отрицательной полуволны достигает 250—300 *в*.

Принцип измерения скорости вращения коленчатого вала основан на пропорциональности между частотой искрообразования и скоростью вращения вала. Схема измерения состоит из формирователя, одновибратора и интегратора-индикатора.

---

[1] В случае электронного зажигания, контактного или бесконтактного, зажим *Вход* прибора подсоединяется к зажиму *Вк* катушки зажигания.

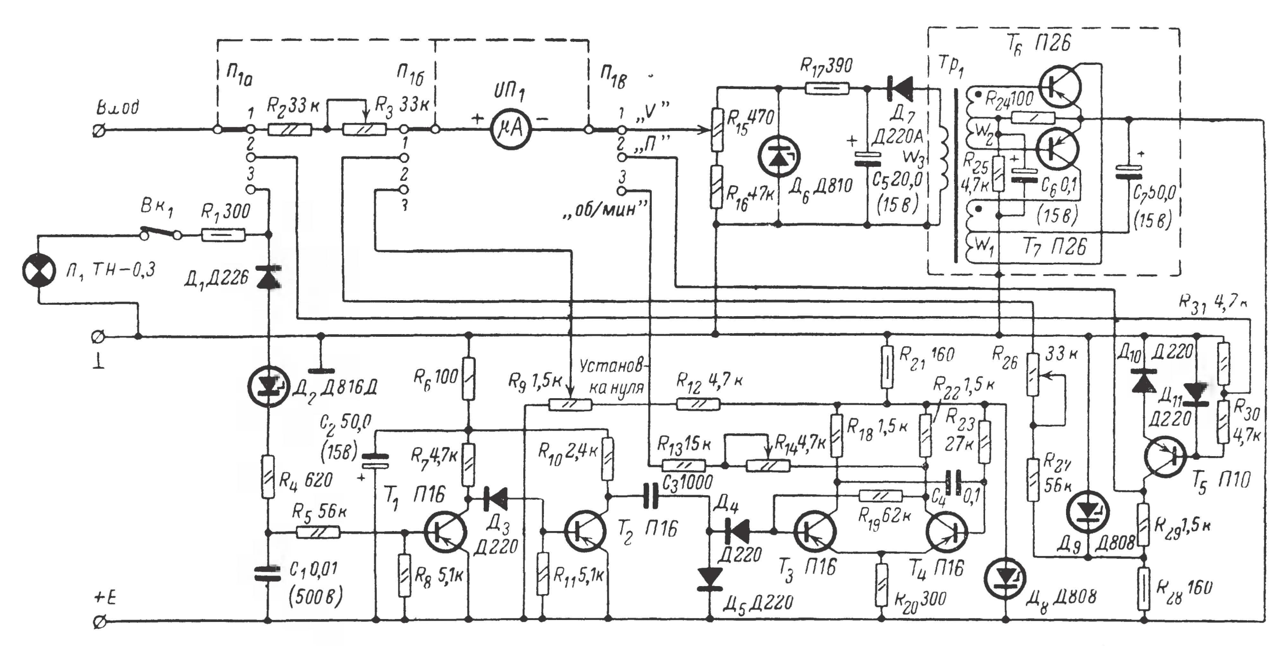


Рис. 47. Схема тестера для автомобилей, у которых с корпусом соединен **минус аккумуляторной** батареи

Основное назначение каскада формирования состоит в том, чтобы на вход следующего за ним одновибратора после каждого размыкания контактов прерывателя поступал только один импульс, соответствующий времени появления первой отрицательной полуволны затухающих колебаний в первичной цепи. Последующие отрицательные полуволны этих колебаний не должны попадать в одновибратор. В противном случае нормальная работа прибора нарушится и он будет давать неверные показания. Точность показаний прибора в большой степени определяется надежностью работы каскада формирования, что предъявляет к его конструкции особые требования, тем более что амплитуда входного сигнала может изменяться в широких пределах в зависимости от напряжения аккумуляторной батареи, состояния контактов прерывателя и скорости вращения коленчатого вала двигателя.

В каскаде формирования происходит ограничение входного сигнала по максимуму и минимуму и дифференцирование его. В результате на выходе каскада формирования в моменты размыкания контактов прерывателя появляются экспоненциальные импульсы с крутыми фронтами, запускающие одновибратор.

При подаче на вход одновибратора запускающих импульсов на выходе его образуются прямоугольные импульсы фиксированных амплитуды и длительности, частота следования которых равна частоте искрообразования в системе зажигания двигателя.

Интегратором-индикатором служит магнитоэлектрический микроамперметр, который подключается к выходу одновибратора и шкала которого градуируется в оборотах в минуту.

Каскад формирования состоит из диодов $Д_1$, $Д_3$, $Д_4$ и $Д_5$, стабилитрона $Д_2$, резисторов R_4—R_8, R_{10}, R_{11}, транзисторов T_1, T_2 и конденсаторов C_1—C_3. Диод $Д_1$ защищает транзистор T_1 от положительных импульсов, имеющихся во входном сигнале (см. рис. 5). Стабилитрон $Д_2$, резистор R_4 и конденсатор C_1 образуют ограничитель по минимуму. Он пропускает лишь те отрицательные входные сигналы, величина которых превышает напряжение стабилизации стабилитрона $Д_2$ (около 50 *в*). Конденсатор C_1 заряжается до напряжения, равного разности максимального значения первой отрицательной полуволны входного сигнала и напряжения стабилизации стабилитрона $Д_2$. Последующие отрицательные полуволны входного сигнала, имеющие меньшую амплитуду, через ограничитель не проходят. Однако в некоторых случаях амплитуда второй отрицательной полуволны входного напряжения все же может оказаться больше напряжения стабилизации стабилитрона $Д_2$ и на базе транзистора T_1 появится отрицательное напряжение. Чтобы этого не случилось, постоянная времени разряда конденсатора C_1 ($C_1 \cdot R_5$) выбрана такой, чтобы конденсатор C_1 за время между полуволнами не успел заметно разрядиться. В этом случае вторая отрицательная полуволна, даже если величина ее и несколько превышает напряжение стабилизации стабилитрона $Д_2$, на базу транзистора T_1 не попадет, так как напряжение на конденсаторе C_1 в это время будет еще превышать амплитуду второй отрицательной полуволны и диод $Д_1$ будет закрыт.

Резисторы R_5, R_7, R_8, R_{10} и R_{11}, транзисторы T_1, T_2 и диод $Д_3$ образуют ограничитель по максимуму, представляющий собой усилитель постоянного тока с коэффициентом усиления около 1 000. Ток разряда конденсатора C_1 через резистор R_5 отпирает транзистор T_1. Когда напряжение на его коллекторе уменьшается до 0,7—0,8 *в*.

диод $Д_3$ закрывается, отключая базу транзистора T_2 от отрицательного полюса источника питания. Транзистор T_2 запирается. Отрицательное напряжение на его коллекторе резко возрастает. По мере разряда конденсатора C_1 ток базы транзистора T_1 уменьшается и транзистор T_1 запирается. Когда напряжение на его коллекторе возрастает до 0,7—0,8 *в*, диод $Д_3$ открывается, отпирается транзистор T_2 и напряжение на его коллекторе уменьшается. В результате на коллекторе транзистора T_2 в момент размыкания контактов прерывателя появляются отрицательные импульсы с крутыми фронтами. Крутизна фронтов импульсов обеспечивается значительным усилением усилителя на транзисторах T_1 и T_2, включением между коллектором транзистора T_1 и базой транзистора T_2 диода $Д_3$, а также значительной величиной сигнала, поступающего на вход ограничителя. Импульсы с коллектора транзистора T_2 дифференцируются конденсатором C_3. Отрицательные дифференцированные сигналы через диод $Д_4$ поступают на вход одновибратора (на базу транзистора T_3).

Одновибратор состоит из резисторов R_{18}, R_{19}, R_{20}, R_{22} и R_{23}, транзисторов T_3, T_4 и конденсатора C_4. Питание одновибратора осуществляется от стабилизатора на стабилитроне $Д_8$ и резисторе R_{21}. Одновибратор представляет собой спусковую схему с одним устойчивым состоянием. В устойчивом состоянии транзистор T_4 отперт, а транзистор T_3 заперт. Конденсатор C_4 при этом заряжен почти до напряжения стабилизации стабилитрона $Д_8$.

При подаче на базу транзистора T_3 короткого отрицательного импульса транзистор T_3 отпирается. Заряженный конденсатор C_4 оказывается подключенным плюсом к базе, а минусом — к эмиттеру транзистора T_4, и он запирается. Напряжение на его коллекторе возрастет, и на базу транзистора T_3 через резистор R_{19} подается отрицательное смещение, удерживающее транзистор T_3 некоторое время в отпертом состоянии (независимо от того, действует ли еще на его базе отрицательный импульс). Конденсатор C_4 начинает перезаряжаться через резистор R_{23} и отпертый транзистор T_3, положительное напряжение на базе транзистора T_4 уменьшается и затем меняет свой знак. Транзистор T_4 отпирается, а транзистор T_3 запирается. В результате при подаче на вход одновибратора коротких отрицательных импульсов на его выходе (на коллекторе транзистора T_4) образуются прямоугольные импульсы фиксированных амплитуды и длительности. Амплитуда импульсов определяется напряжением стабилизации стабилитрона $Д_8$ и сопротивлениями резисторов R_{19} и R_{22}.

Длительность импульсов определяется временем перезаряда конденсатора C_4 через резистор R_{23}.

Микроамперметр, включенный между коллектором транзистора T_4 одновибратора и средней точкой потенциометра R_9, интегрирует импульсы, имеющиеся на коллекторе T_4, и его показания пропорциональны частоте искрообразования в системе зажигания, или, что то же самое, скорости вращения коленчатого вала двигателя.

С помощью потенциометра R_9 устанавливается нуль прибора, а с помощью переменного резистора R_{14} производится его градуировка.

Проверка установки момента зажигания и работоспособности центробежного и вакуумного автоматов опережения зажигания производится стробоскопическим методом с помощью неоновой лампы $Л_1$, заключенной в специальный держатель с рефлектором. Неоновая лампа включается автоматически с помощью выключате-

ля $Вк_1$, который замыкается при вынимании держателя лампы из специального зажима в отсеке корпуса прибора.

Вспышка неоновой лампы происходит каждый раз при размыкании контактов прерывателя, т. е. тогда же, когда возникает искра. Резистор R_1 ограничивает ток через неоновую лампу.

13 КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Конструкция тестера может быть произвольной; необходимо лишь, чтобы он имел металлический корпус, а преобразователь напряжения был заключен в глухой металлический экран, соединенный с корпусом. Эти требования вызваны большой чувствительностью одновибратора к различного рода помехам, а также тем, что преобразователь напряжения является мощным источником помех, которые могут нарушить нормальную работу одновибратора. Один из вариантов конструкции тестера показан на рис. 45.

Постоянные резисторы могут быть применены любого типа с мощностью рассеяния не ниже указанной на схеме. Переменные резисторы также могут быть любого типа, но обязательно с фиксированием осей (кроме R_9). Все переменные резисторы, за исключением R_9, доступа к осям снаружи тестера не имеют. Ось переменного резистора R_9 выводится на переднюю панель «под шлиц» и снабжается подписью «Установка нуля». Конденсаторы также могут быть любого типа.

Могут быть применены другие транзисторы и диоды с параметрами не хуже, чем у указанных на схеме. Неоновая лампа $Л_1$ типа ТН-0,3

Переключатель $П_1$ галетный 3П3Н (3 положения, 3 направления) Ось его выводят на переднюю панель и снабжают ручкой.

Положения переключателя обозначают гравировкой или краской в соответствии с обозначениями на принципиальной схеме

Выключатель $Вк_1$ — микровыключатель любого типа; он должен быть установлен в зажиме держателя неоновой лампы и должен замыкаться при вынимании держателя из зажима. Когда держатель лампы находится в зажиме, $Вк_1$ должен быть разомкнут

Микроамперметр $ИП_1$ применен типа М265, однако может быть применен и другой микроамперметр с током полного отклонения стрелки 100 *мка* или близким к нему.

Трансформатор $Тр_1$ имеет следующие данные· сердечник ленточный О-образный ОЛ 12/20-6,5 из стальной ленты Э-330 толщиной 0,08 *мм*; обмотки мотаются проводом ПЭВ 0,1 *мм*; обмотка w_1 содержит 200+200 витков; w_2 — 20+20 витков; w_3 — 260 витков.

Может быть применен сердечник и другого типа, например Ш-образный, однако данные обмоток в этом случае должны быть соответственно изменены [Л. 9]

14. НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА

Необходимым условием быстрого налаживания тестера является предварительная проверка комплектующих деталей. Если детали исправны и схема собрана правильно, налаживание тестера не встретит затруднений.

К зажимам $+E$ и $\perp$ подать напряжение аккумулятора (12—13 *в*) плюсом к зажиму $+E$. Должен быть слышен характерный «писк» чистого тона с частотой около 400 *гц*, свидетельствующий о исправности преобразователя напряжения.

Если «писка» не слышно, питание надо отключить и проверить правильность подключения обмоток w_1 и w_2 трансформатора Tp_1. Начала обмоток на схеме обозначены точками. Следует проверить также исправность транзисторов T_6 и T_7.

Градуировка шкалы вольтметра. Переключатель $П_1$ поставить в положение *V*. Переменный резистор R_3 полностью ввести. К зажимам прибора *Вход* и ⊥ подключить регулируемый источник постоянного тока с напряжением 9—14 *в* и эталонный вольтметр класс не ниже 0,5 на напряжение 15—30 *в*. Положительные зажимы источника и вольтметра подсоединяют к зажиму *Вход*.

Установить по вольтметру напряжение источника питания 9 *в* и, поворачивая ось потенциометра R_{15}, установить стрелку прибора на отметке 9 *в* шкалы вольтметра. Переменный резистор R_3 полностью вывести, и если при этом стрелка прибора сместится относительно отметки 9 *в*, установить ее на это значение, поворачивая ось потенциометра R_{15}. Переменный резистор R_3 полностью ввести. Установить по вольтметру напряжение источника питания 14 *в* и, поворачивая ось переменного резистора R_3, установить стрелку прибора на отметке 14 *в* шкалы вольтметра. Проверить работу вольтметра при питании его от напряжений 9 и 14 *в*, для чего аккумуляторную батарею отсоединить, а зажим *Вход* соединить с зажимом $+E$. Изменяя напряжение источника питания от 14 до 9 *в*, сравнить показания эталонного вольтметра с показаниями прибора.

Градуировка шкалы относительной замкнутости контактов прерывателя. Шкалу прибора можно отградуировать либо непосредственно в относительной замкнутости контактов прерывателя, либо в относительной величине зазора прерывателя, разбив шкалу на три сектора: *Зазор нормальный, Зазор мал, Зазор велик.*

Относительная замкнутость γ для четырехцилиндровых двигателей должна находиться в пределах от 0,40 до 0,56, что соответствует углам замкнутого состояния контактов от 36 до 50° * [Л. 5]. Как меньшая, так и бо́льшая величины относительной замкнутости нежелательны, так как при этом снижается интенсивность искрообразования. При $\gamma>0{,}56$ зазор мал, вследствие чего увеличивается искрение на контактах прерывателя. При $\gamma<0{,}40$ ток в первичной цепи не успевает достичь максимального значения. Поэтому сектор шкалы, соответствующий значениям γ от 0,40 до 0,56, можно обозначить *Зазор нормальный,* правую часть шкалы — *Зазор велик,* а левую часть — *Зазор мал.*

Шкала относительной замкнутости равномерна, и ее градуировка производится в одной точке, соответствующей $\gamma=0$, т. е. когда контакты прерывателя разомкнуты. При этом транзистор T_5 отперт и на резисторе R_{29} имеется напряжение, равное примерно 8 *в*.

Градуировка производится следующим образом **. Переменный резистор R_{26} полностью ввести. Зажим *Вход* соединить с зажимом $+E$. Поворачивая ось переменного резистора R_{26}, добиться максимального отклонения стрелки прибора, соответствующего $\gamma=0$.

Отсоединить зажим *Вход* от $+E$ и соединить его с зажимом ⊥. Стрелка прибора должна показывать нуль ($\gamma=1$).

---

* Более точные значения углов замкнутого состояния контактов для конкретных типов автомобилей приводятся в соответствующих справочниках и технических описаниях.

** Градуировку шкал относительной замкнутости и числа оборотов следует производить при напряжении 12—13 *в*, а затем проверить при 10 и 14 *в*

Градуировка шкалы скорости вращения коленчатого вала производится с помощью звукового генератора. Переключатель $П_1$ поставить в положение *3* (*об/мин*). Переменный резистор R_{14} полностью ввести.

Поворачивая ось потенциометра R_9, установить стрелку прибора на нулевое деление шкалы. Переменный резистор R_{14} полностью ввести, и если стрелка прибора отклонится от нуля, вернуть ее на нулевое деление с помощью потенциометра R_9, после чего перемен-

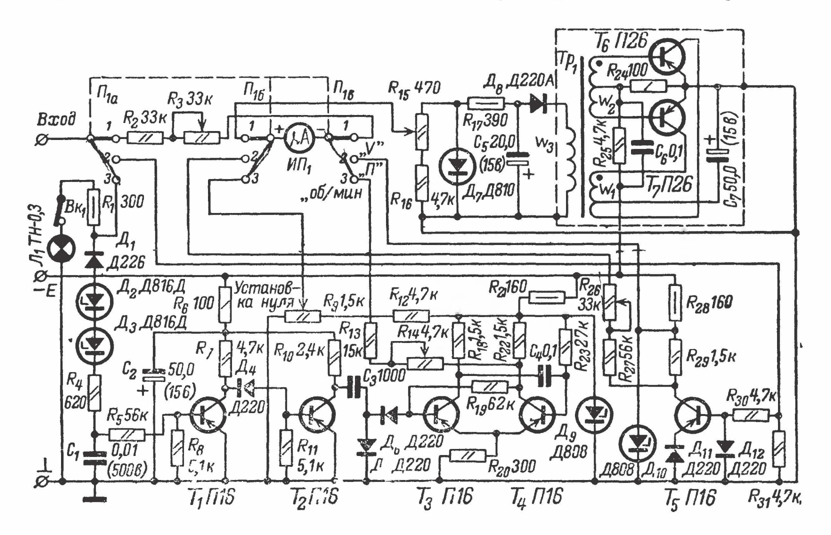


Рис. 48. Схема тестера для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи.

ный резистор R_{14} полностью вывести К точке соединения конденсатора C_1 с резистором R_4 через резистор сопротивлением 27—33 *ком* подключить звуковой генератор. Второй конец звукового генератора — корпус — соединить с корпусом прибора. Подать от звукового генератора сигнал частотой 166 *гц* и, поворачивая ось переменного резистора R_{14}, добиться максимального отклонения стрелки прибора (5 000 *об/мин*). Проверить остальные точки шкалы прибора, устанавливая на звуковом генераторе другие частоты, рассчитанные по формуле (7). Тестер, схема которого была изображена на рис. 46, предназначен для автомобилей, у которых с корпусом соединен минус аккумуляторной батареи. Для автомобилей, у которых с корпусом соединен плюс, схема тестера должна быть несколько изменена (рис. 48) Налаживание и градуировка тестера в этом случае ничем не отличаются от описанных выше, за исключением, конечно, полярности подключения питания

В заключение следует указать, что если тестер предназначен для проверки и регулировки шести- или восьмицилиндровых двигателей, то сектор *Зазор нормальный* на шкале относительной замкнутости контактов прерывателя следует располагать при значениях γ от 0,62 до 0,71. Частоты градуировки шкалы *об/мин* в этом случае также рассчитываются по формуле (7)

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА МОМЕНТА ЗАЖИГАНИЯ

Момент зажигания рабочей смеси существенно влияет на эксплуатационные характеристики автомобильных двигателей [Л. 5]. В современных двигателях момент зажигания регулируется в зависимости от скорости вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя центробежным и вакуумным механическими автоматами, характеристики которых значительно изменяются в течение срока службы, ухудшая эксплуатационные показатели двигателя Поэтому прибор, позволяющий снимать характеристики работы системы зажигания, может оказаться весьма полезным для своевременного определения необходимости ремонта или замены тех или иных изношенных узлов или деталей системы зажигания, приводящих к потере мощности двигателя.

Описанный в гл. 3 тестер автомобилиста не дает возможности получить достаточно точную количественную оценку работы системы зажигания, так как в нем применен стробоскопический метод, требующий наблюдения за объектом, расположенным в глубине подкапотного пространства. С помощью тестера удобно проверять лишь работоспособность центробежного и вакуумного автоматов, не давая количественной оценки их работы.

Описываемый прибор позволяет отсчитывать угол момента зажигания непосредственно по шкале стрелочного измерительного прибора, а в случае наличия еще и прибора для измерения скорости вращения коленчатого вала, например вышеупомянутого тестера, снимать полные характеристики системы зажигания, т е зависимости угла момента зажигания от оборотов коленчатого вала и нагрузки двигателя.

Пределы измерения угла момента зажигания $\pm 30°$

Принцип действия прибора заключается в измерении временно́го сдвига между двумя последовательностями импульсов, одна из которых синхронна моментам возникновения искр в свечах, а другая— моментам прохождения поршнями верхних мертвых точек (ВМТ) Импульсы, синхронные моментам возникновения искр в свечаях, снимаются с подвижного контакта прерывателя *; импульсы, синхронные моментам прохождения поршнями ВМТ, — с помощью фотодиодного датчика и меток, нанесенных на маховике. Схема прибора приведена на рис. 49. Она состоит из измерительного триггера и двух каскадов формирования. С помощью измерительного триггера производится измерение сдвига Каскады формирования формируют импульсы определенной амплитуды и формы, необходимые для нормальной работы измерительного триггера.

Измерительный триггер собран на транзисторах T_3 и T_4 и представляет собой спусковое устройство с двумя устойчивыми состояниями. Питание триггера осуществляется от стабилизатора на стабилитроне $Д_9$ и резисторе R_{13}. Между коллекторами транзисторов триггера T_3 и T_4 через резисторы R_{14}, R_{23}, R_{24} и переключатель $П_3$ включен микроамперметр $ИП_1$, по шкале которого производится

* В случае конденсаторного зажигания — с зажима *ВК* катушки зажигания.

отсчет угла момента зажигания Конденсатор C_9, шунтирующий микроамперметр $ИП_1$, предназначен для сглаживания пульсаций Знак момента зажигания «+» или «—» (раннее или позднее зажигание) определяется положением переключателя $П_3$

Каскад формирования импульсов, синхронных моментам возникновения искр, собран на транзисторах T_1 и T_2 Каскад аналогичен каскаду формирования, примененному в тестере автомобилиста, описанному в гл 3

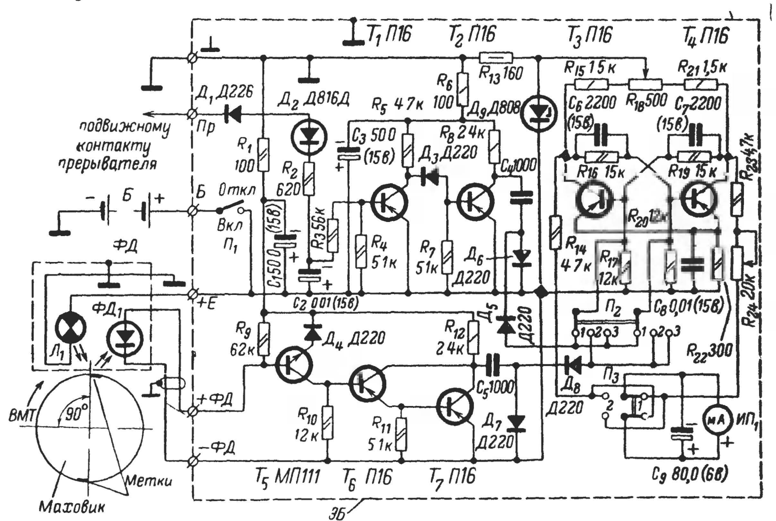


Рис 49 Принципиальная схема прибора для измерения угла момента зажиганием

С помощью переключателя $П_2$ осуществляется коммутация входов измерительного триггера, обеспечивающая самоконтроль и установку нуля

Прибор работает следующим образом Допустим, что в момент подачи питания контакты прерывателя замкнуты и одна из меток на маховике находится против места расположения фотодиодного датчика При подаче питания триггер находится в одном из устойчивых состояний — один из транзисторов триггера отперт, а другой заперт Транзисторы каскадов формирования находятся в следующих состояниях T_1 заперт, так как напряжение на подвижном контакте прерывателя равно нулю и отрицательное смещение на базу транзистора T_1 не поступает Транзистор T_2 отперт током через резистор R_5 и диод $Д_3$ Транзистор T_5 отперт током через фотодиод $ФД$, который в это время освещен отраженным от метки светом и сопротивление его мало Транзисторы T_6 и T_7 отперты коллекторным током транзистора T_5

В момент размыкания контактов прерывателя в контуре, образованном индуктивностью первичной обмотки катушки зажигания и емкостью искрогасительного конденсатора, возникают затухающие колебания с начальной амплитудой около 300 *в* (рис 5) Отрицательная полуволна этих колебаний, снимаемая с подвижного контак-

та прерывателя, пройдя через диод $Д_1$, стабилитрон $Д_2$ и резисторы R_2 и R_3, отпирает транзистор T_1, что вызывает запирание транзисто ра T_2, напряжение на коллекторе которого резко возрастает

Допустим, что переключатель $П_2$ находится в положении *3*, тогда отрицательный скачок напряжения с коллектора транзистора T_2, пройдя через конденсатор C_4 и диод $Д_5$, попадет на базу транзистора T_3 и, если он был до этого заперт, отопрет его При этом транзистор T_4 триггера запрется Триггер перейдет в другое устойчивое состояние *

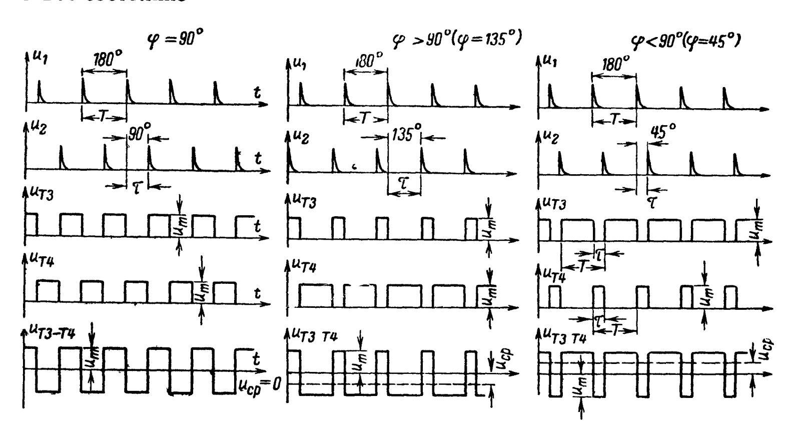


Рис 50 Диаграммы работы измерительного триггера

U_1 — напряжение на базе транзистора T_3 (импульсы сихнронные моментам возникновения искр в свечах) U_2 — напряжение на базе транзистора T_4 (им пульсы синхронные моментам прохождения поршнями ВНТ)

После того как метка на маховике пройдет место установки фотодиодного датчика, освещение фотодиода уменьшится, сопротивление его резко возрастет и транзисторы T_5, T_6 и T_7 запоутся Отрицательный скачок напряжения с коллектора транзистора T_7 через конденсатор C_5 и диод $Д_8$ (переключатель $П_2$ в положении *3*) попадает на базу транзистора T_4, и триггер переходит в другое устойчивое состояние Таким образом, напряжение между коллекторами транзисторов триггера при работе двигателя представляет собой прямоугольные импульсы, частота следования которых равна частоте искрообразования, а длительность пропорциональна временному сдвигу между импульсами, поступающими на входы измерительного триггера Если амплитуду импульсов на коллекторах транзисторов триггера обозначить U_m, то из рис 50 следует, что средние значения напряжений на коллекторах транзисторов триггера равны

$$U_{ср\ т3} = U_m \frac{T - \tau}{T} \text{ (на коллекторе } T_3\text{)},$$

$$U_{ср\ т4} = U_m \frac{\tau}{T} \text{ (на коллекторе } T_4\text{)}$$

---

* Если T_3 уже был отперт а T_4 заперт состояние триггера не изменится

а между коллекторами

$$U_{ср} = U_{ср.т3} - U_{ср.т4} = U_m\left(1 - \frac{2\tau}{T}\right),$$

где τ — время между импульсами, приходящими на входы триггера;
T — период следования импульсов.

Учитывая, что T соответствует 180° поворота коленчатого вала, а τ — углу момента зажигания φ, можно написать:

$$U_{ср} = U_m\left(1 - \frac{\varphi}{90}\right),$$

откуда следует, что среднее значение напряжения между коллекторами транзисторов триггера, а значит, и ток через измерительный прибор $ИП_1$ пропорциональны углу момента зажигания φ и амплитуде импульсов на коллекторах транзисторов триггера U_m, а от частоты искрообразования в системе зажигания не зависят.

Независимость показаний от частоты является важным преимуществом измерения с помощью измерительного триггера.

Из схемы на рис. 49 видно, что питание измерительного триггера осуществляется от стабилизатора на стабилитроне $Д_9$, вследствие чего величина U_m постоянна и показания измерительного прибора $ИП_1$ пропорциональны лишь углу момента зажигания.

Выше было сказано, что принцип действия прибора заключается в измерении временно́го сдвига между двумя периодическими импульсами, одни из которых соответствуют моментам возникновения искр, а другие — моментам прохождения поршнями ВМТ. Однако, как показано на рис. 49, метки на маховике смещены относительно положений ВМТ на ±90°. Это связано с особенностью работы измерительного триггера, заключающейся в том, что нулевые показания измерительного прибора, включенного между коллекторами транзисторов триггера, имеют место не при нулевом временно́м сдвиге, а при сдвиге между входными сигналами, равном половине периода, что соответствует 90° поворота маховика (или коленчатого вала) *.

На рис. 50 показаны диаграммы работы измерительного триггера для трех случаев: когда $\varphi=90°$; $\varphi>90°$ ($\varphi=135°$) и $\varphi<90°$ ($\varphi=45°$).

Как следует из рис. 50, при $\varphi=90°$ среднее значение напряжения между коллекторами транзисторов T_3 и T_4, а значит, и средний ток через измерительный прибор $ИП_1$ равны нулю.

При $\varphi>90°$ (раннее зажигание) $U_{ср}\neq 0$ и плюс находится на коллекторе T_4. При $\varphi<90°$ (позднее зажигание) $U_{ср}$ меняет свой знак и плюс находится на коллекторе T_3.

В положении *1* переключателя $П_2$ на оба входа триггера одновременно подаются импульсы, синхронные моментам возникновения искр в свечах. Производится проверка исправности цепей прибора, связанных с формированием этих импульсов. Триггер работает в режиме деления частоты: длительность импульсов на коллекторах транзисторов T_3 и T_4 равна половине периода. При исправных цепях нуль $ИП_1$ должен легко устанавливаться потенциометром R_{18}.

---

* Так как полный цикл работы четырехтактного двигателя совершается за два оборота коленчатого вала (720°), период процесса T равен $\frac{720}{4}=180°$ поворота маховика (коленчатого вала).

В положении *2* переключателя $П_2$ на оба входа триггера одновременно подаются импульсы, синхронные моментам прохождения поршнями ВМТ. Производится проверка цепей прибора, связанных с формированием этих импульсов. При исправных цепях нуль $ИП_1$ должен легко устанавливаться потенциометром R_{18}.

Конструкция и детали

Прибор должен быть собран в металлическом корпусе для экранировки его от помех, создаваемых системой зажигания, уровень которых, как известно, вблизи работающего двигателя весьма высок. В остальном конструкция прибора может быть произвольной.

Конструкция фотодиодного датчика показана на рис. 51. Фотодиодный датчик состоит из монтажной планки *4*, трубки *2*, теплоизолирующей втулки *1* и патрона лампы накаливания *5*. Монтажная

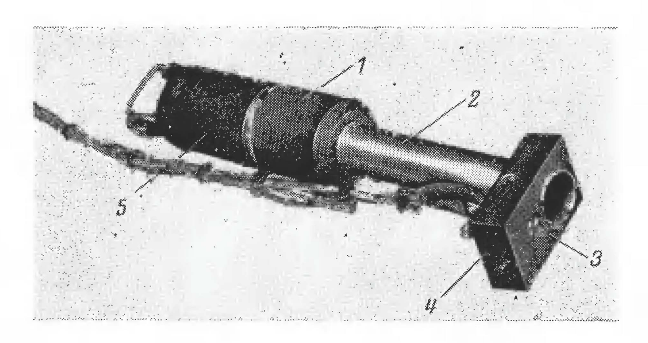


Рис. 51. Конструкция фотодиодного датчика.

планка имеет два отверстия, в которые вклеиваются на эпоксидном компаунде фотодиод *3* и трубка. Оси отверстий монтажной планки располагаются относительно друг друга под углом 30°.

Монтажная планка и теплоизоляционная втулка изготовляются из эбонита, трубка — из стали. Теплоизоляционная втулка приклеивается к трубке эпоксидным компаундом и имеет резьбу, на которую навертывается патрон лампы накаливания.

Сравнительная сложность конструкции датчика вызвана тем, что для повышения чувствительности в нем применен германиевый фотодиод, который «боится» нагрева. В связи с этим возникла необходимость в теплоизоляционной втулке и трубке, изолирующих горячую лампу от фотодиода.

Фотодиод $ФД_1$ — типа ФД-1. Лампа накаливания $Л_1$ может быть взята любого типа на напряжение 12 *в* и мощностью не менее 3 *вт*.

Переменный резистор R_{24} должен иметь стопорение оси. Ось переменного резистора R_{18} выводится на переднюю панель и снабжается ручкой.

Микроамперметр $ИП_1$ — типа М265 с пределами измерения 0—100 *мка*.

Положения переключателей $П_2$ и $П_3$ обозначаются так: положения $П_2$ — *1 — Самоконтроль Пр*; *2 — Самоконтроль ФД*; *3 — Измерение;* положения $П_3$—*1—Раннее*; *2 — Позднее.*

Провода к фотодиодному датчику должны быть обязательно экранированы.

Правильно собранный из исправных деталей прибор работает сразу и налаживания не требует.

Градуировка шкалы прибора

Градуировку прибора удобно производить искусственным методом, основанным на следующих рассуждениях. Нулевые показания измерительного прибора $ИП_1$, как было выяснено выше, имеют место при сдвиге фаз между входными сигналами, равном половине периода, что соответствует ±90° поворота маховика.

Максимальные же показания измерительного прибора, очевидно, будут тогда, когда триггер находится в одном из устойчивых состояний, что соответствует 0 или 180° поворота маховика. При этом ток через измерительный прибор будет равен:

$$I = \frac{U_с - U_т}{R_{18}/2 + R_{15} + R_{14} + R_{23} + R_{и.п} + R_{24}}, \qquad (9)$$

где $U_с$ — напряжение стабилизации стабилитрона $Д_9$;

$U_т$ — падение напряжения на отпертом транзисторе T_3 или T_4 (параметры транзисторов T_3 и T_4 считаем одинаковыми);

$R_{и п}$ — внутреннее сопротивление измерительного прибора $ИП_1$.

Если сопротивление резистора R_{24} подобрать таким образом, чтобы стрелка измерительного прибора, когда триггер находится в одном из устойчивых состояний, отклонилась на полную шкалу, то вся шкала прибора будет, очевидно, равна 90°. Такое сопротивление резистора R_{24} обозначим как $R_{24}^{90°}$.

Учитывая, что показания $ИП_1$ линейно зависят от сдвига фаз между входными сигналами, можно утверждать, что для того чтобы получить полное отклонение стрелки прибора при сдвиге фаз между входными сигналами в 30° (получить всю шкалу в 30°), знаменатель выражения (9) следует уменьшить в отношении $\frac{90}{30}$, т. е. в 3 раза. При этом величина $R_{24}^{30°}$, соответствующая градуировке шкалы в 30°, определится из равенства

$$\frac{R_{18}/2 + R_{15} + R_{14} + R_{и.п} + R_{24}^{90°}}{3} = R_{18}/2 + R_{15} + R_{14} + R_{23} + R_{и.п} + R_{24}^{30°}.$$

Порядок градуировки следующий.

Подать на один из входов сигнал **от *Пр* или от *ФД*, поставив** переключатель $П_2$ в положение *1* или *2*.

Включить питание выключателем $П_1$ и с помощью потенциометра R_{18} установить нуль прибора.

Вместо R_{24} включить магазин сопротивлений, установив на нем сопротивление 80 *ком*, или в случае отсутствия магазина — переменный резистор сопротивлением 80 *ком.*

Отключить источник входного сигнала и с помощью переключателя $П_3$ добиться, чтобы стрелка прибора отклонялась вправо. Изменяя сопротивление магазина (или переменного резистора), добиться полного отклонения стрелки прибора. Записать значение сопротивления магазина $R_{24}^{90°}$ (или измерить и записать сопротивление переменного резистора), соответствующее полному отклонению стрелки прибора.

По формуле

$$R_{24}^{30°} = \frac{R_{24}^{90°} - 2\,(R_{18}/2 + R_{15} + R_{14} + R_{23} + R_{и.п})}{3}$$

определить сопротивление $R_{24}^{30°}$ и установить его на R_{24}, после чего ось R_{24} застопорить.

Установка фотодиодного датчика и нанесение меток на маховике

Точность измерения угла момента зажигания прибором в большой степени зависит от точности установки фотодиодного датчика и точности нанесения меток на маховике. Поэтому на эту операцию следует обратить особое внимание.

Поверхность маховика, обращенную к фотодиодному датчику, следует окрасить черной матовой краской.

Метки представляют собой полоски из алюминиевой фольги шириной 5 и длиной не менее 15 *мм.* Метки наклеивают в соответствующих местах маховика на его боковой или торцевой поверхности. Для четырехцилиндрового двигателя нужны две метки. Места наклейки меток должны быть смещены на ±90° относительно точек маховика, проходящих место установки фотодиодного датчика в момент прохождения поршнями ВМТ *. При этом следует иметь в виду, что рабочим краем метки является тот, который проходит место установки фотодиодного датчика позже.

Если на маховике и картере двигателя нанесены соответствующие заводские метки, как это сделано, например, в двигателе М20, то фотодиодный датчик следует располагать в месте нанесения заводской метки на картере. Тогда отсчет градусов для определения места наклейки меток на маховике ведется от соответствующей заводской метки на маховике (например, от запрессованного на маховике двигателя М20 шарика).

Фотодиодный датчик устанавливается так, чтобы монтажная планка датчика (рис. 51) была направлена по касательной к окружности маховика или была параллельна его боковой поверхности (в зависимости от того, куда наклеены метки). Расстояние от поверхности маховика должно быть около 10 *мм.*

Для проверки правильности установки датчика в разрыв одного из проводов от датчика к электронному блоку следует включить микроамперметр с пределом измерений 100—150 *мка.* Когда метка на

* Для шестицилиндрового двигателя нужны три метки, которые располагают через 120°.

маховике находится против места расположения датчика, ток по микроамперметру должен быть не менее 70 *мка*. Темновой ток не должен превышать 15 *мка*.

Работа с прибором

Подключить прибор в соответствии со схемой на рис. 49, переключатель $П_2$ поставить в положение *1*. Запустить двигатель, после чего включить питание выключателем $П_1$. Поворачивая ось потенциометра R_{18}, установить стрелку прибора $ИП_1$ на нуль.

Перевести переключатель $П_2$ в положение *2*. Стрелка прибора $ИП_1$ должна оставаться на нулевом делении шкалы. Перевести переключатель $П_2$ в положение *3*. Положение переключателя $П_3$ выбрать таким, чтобы стрелка прибора $ИП_1$ отклонялась вправо. По прибору $ИП_1$ произвести отсчет угла момента зажигания с учетом положения переключателя $П_3$, определяющего знак зажигания.

В случае назначения прибора для автомобиля, у которого с корпусом соединен плюс аккумуляторной батареи, с корпусом прибора соединяются плюсовые цепи, последовательно со стабилитроном $Д_2$, в той же полярности, включается еще один стабилитрон типа Д816Д, а от фотодиода к электронному блоку выводится только один провод — к зажиму *+ФД*, вторым проводом в этом случае будет являться корпус автомобиля.

1. ТРАНЗИСТОРЫ ГЕРМАНИЕВЫЕ СПЛАВНЫЕ ТИПОВ П210Б, П210В СТРУКТУРЫ *p-n-p*

Электрические параметры (при температуре 20° С)

Параметры	П210Б	П210В	Режим измерения: Напряжение на коллекторе, *в*	Режим измерения: Ток коллектора, *а*
Статический коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером	10	10	2	5
Крутизна характеристики, *а/в*	5	5	2	5
Начальный ток коллектора, *ма*	8	8	60	—
Обратный ток коллектора, *ма*	15	15	45; 35*	—
Предельная частота коэффициента передачи тока не (менее), *кгц*	100	100	—	—

* Для П210В.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора	12 *а*
Напряжение коллектор—база	65 *в**
Напряжение коллектор—эмиттер	40 *в***
Напряжение эмиттер—база	25 *в*
Мощность, рассеиваемая при температуре корпуса 25° С	45 *вт*

* Для П210В 45 *в*

** При напряжении база—эмиттер не менее 1,5 *в* и в режиме переключения.

2. ТРАНЗИСТОРЫ ГЕРМАНИЕВЫЕ СПЛАВНЫЕ ТИПОВ П216, П216В, П216Г, П216Д, П217В, П217Г СТРУКТУРЫ *p-n-p*

Электрические параметры (при температуре 20° С)

Параметры	П216Б	П216В	П216Г	П216Д	П217В	П217Г
Коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером при $U_к=3$ *в*, $I_к=2$ *а*, $f=50\div300$ *гц*	10	30	5	15—30	15—40	15—40
Обратный ток коллектора при $I_э=0$, $U_{к.б}=U_{к.б.макс}$ (не более), *ма*	1,5	2,0	2,5	2,0	3,0	3,0
Обратный ток эмиттера при $U_{э.б}=U_{э.б.макс}$ (не более), *ма*	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Падение напряжения на отпертом транзисторе при $I_к=2$ *а*, $I_б=300$ *ма* (не более), *в*	0,5	0,5	—	0,5	0,5	—
Начальный ток коллектора при $U_{к.э}=U_{к.э.макс}$ и $R_{э.б}=0$, *ма*	20	20	50	20	20	20

Предельные эксплуатационные данные

Параметры	П216Б	П216В	П216Г	П216Д	П217В	П217Г
Напряжение коллектор—база, *в*	35	35	50	50	60	60
Напряжение коллектор—эмиттер, *в*	35	35	50	50	60	60
Напряжение эмиттер—база, *в*	15	15	15	15	15	15
Ток коллектора, *а*	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Ток базы, *а*	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Мощность, рассеиваемая на коллекторе, *вт*	24	24	24	24	24	24
Температура перехода, °С	85	85	85	85	85	85

4. ТРАНЗИСТОРЫ КРЕМНИЕВЫЕ СПЛАВНЫЕ ТИПОВ П302, П303, П303А, П304, П306, П306А СТРУКТУРЫ *p-n-p*

Электрические параметры при температуре 20° С

Параметры	П302	П303	П303А	П304	П306
Коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером	10	6	6	5	30
Входное напряжение, *в**	6	10	4	10	6
Обратный ток коллектора, *мка*	100	100	100	100	100
Предельная частота коэффициента усиления по току, *кгц*	200	100	100	50	50
Сопротивление насыщения**, *ом*	—	20	20	—	20

Продолжение

Параметры	П306А	Режим измерения		
		Напряжение на коллекторе, *в*	Ток эмиттера, *а*	Сопротивление база—эмиттер, *ом*
Коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером	50	10	0,1[5], 0,05[6]	—
Входное напряжение, *в**	4	10[1,2,3,4]; 15[5,6]	0,06[4]	—
Обратный ток коллектора, *мка*	100	60[2,3,5]; 35[1]	—	—

Параметры	П306А	Режим измерения		
		Напряжение на коллекторе, *в*	Ток эмиттера, *а*	Сопротивление база—эмиттер, *ом*
Предельная частота коэффициента усиления по току, *кгц*	50	20	0,1[5]; 0,12[1,2,3]	50
Сопротивление насыщения**, *ом*	—	—	—	—

* При токе коллектора 0,3 *а* для П302, П303, П303А, П304, П306 и 0,2 *а* для П306А.

** При токе коллектора 0,15 *а* и токе базы 0,05 *а*.

[1] Для П302. [2] Для П303. [3] Для П303А. [4] Для П304. [5] Для П306, [6] Для П306А,

Предельные эксплуатационные данные

Параметры	П302	П303	П303А	П304	П306	П306А
Ток базы, *а*	0,2	0,2	0,2	0,2	—	—
Ток коллектора, *а*	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Ток эмиттера, *а*	—	—	—	—	0,5	0,5
Напряжение коллектор—эмиттер, коллектор—база, *в*	35	60	60	80	60	80
Мощность, рассеиваемая прибором с дополнительным теплоотводом, *вт*, при температуре до 50° С	7	10	10	10	10	10

Мощность, рассеиваемая прибором без дополнительного теплоотвода при температуре 20° С . .	1 *вт*
Тепловое сопротивление переход—корпус	10 *град/вт*
Тепловое сопротивление переход—среда	100 *град/вт*
Температура окружающей среды	От —55 до +85° С

3. Кремниевые переключающие управляемые диоды (тиристоры) типов КУ201А—КУ201Ж, КУ201И—КУ201Л

Типы управляемых диодов		Предельное прямое напряжение, *в*	Предельное обратное напряжение, *в*
Новое обозначение	Старое обозначение		
КУ201А	УД63А	25	Не нормируется
КУ201Б	УД63Б	25	25
КУ201В	УД63В	50	Не нормируется
КУ201Г	УД63Г	50	50
КУ201Д	УД63Д	100	Не нормируется
КУ201Е	УД63З	100	100
КУ201Ж	УД63Е	200	Не нормируется
КУ201И	УД63И	200	200
КУ201К	УД63Ж	300	Не нормируется
КУ201Л	УД63Ж	300	300

Напряжение спрямления (не более)	7 *в*
Ток спрямления (не более)	100 *ма*
Остаточное напряжение (не более)	2,5 *в*
Ток выключения (не более)	100 *ма*
Время включения (не более)	10 *мксек*
Время выключения (не более)	35 *мксек*
Наибольший средний прямой ток	2 *а*
Наибольшая амплитуда импульса прямого тока.	
при длительности импульса 10 *мсек* . . .	10 *а*
при длительности импульса 50 *мксек* . .	30 *а*
Наибольшая рассеиваемая мощность	4 *вт*
Максимальная температура корпуса	+100° С
Минимальная температура окружающей среды	—60° С
Срок службы	5 000 *ч*

4. Кремниевые переключающие управляемые диоды (тиристоры) типов КУ202А, КУ201Ж и КУ201И—К9201Л

Типы диодов		Предельное прямое напряжение, *в*	Предельное обратное напряжение, *в*
Новое обозначение	Старое обозначение		
КУ202А	УД64А	25	Не нормируется
КУ202Б	УД64Б	25	25
КУ202В	УД64В	50	Не нормируется
КУ202Г	УД64Г	50	25
КУ202Д	УД64Д	100	Не нормируется
КУ202Е	УД64Е	100	25
КУ202Ж	УД64Ж	200	Не нормируется
КУ202И	УД64И	200	25
КУ202К	УД64К	300	Не нормируется
КУ202Л	УД64Л	300	25
КУ202М	УД64М	400	Не нормируется
КУ202Н	УД64Н	400	25

Напряжение спрямления (не более)	5 *в*
Ток спрямления (не более)	100 *ма*
Остаточное напряжение (не более)	2 *в*
Ток выключения (не более)	300 *ма*
Время включения (не более)	50 *мксек*
Время выключения (не более)	150 *мксек*
Наибольший средний прямой ток	10 *а*
Наибольшая амплитуда импульса прямого тока:	
при длительности импульса 10 *мсек*	30 *а*
при длительности импульса 50 *мксек*	50 *а*
Наибольшая рассеиваемая мощность	10 *вт*
Максимальная температура корпуса	+70° C
Минимальная температура окружающей среды	−60° C
Срок службы	5 000 *ч*

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. Н. и др., Основы элекгрооборудования самолетов и автомашин, Учебное пособие, под ред. А. Н. Ларионова, Госэнергоиздат, 1955.

2. Балагуров В. А., Дугообразование на контактах в системе батарейного зажигания, «Автомобильная и тракторная промышленность; 1953, № 10.

3. Ванеев А. И., Влияние искрового разряда в цилиндрах на пуск карбюраторного двигателя, «Автомобильная и тракторная промышленность», 1950, № 3.

4. Невструев Е. Н., Электростатическое зажигание в карбюраторных двигателях, «Автомобильная промышленность», 1962, № 1.

5. Ильин Н. М., Электрооборудование автомобилей, изд-во «Транспорт», 1967.

6. Калантаров П. Л., Нейман Л. Р., Теоретические основы электротехники, ч. II, Госэнергоиздат, 1958.

7. Глезер Г. Н., Опарин И. М., Хейман Э. Л., Электронные системы зажигания автомобилей, изд-во «Машиностроение», 1967.

8. Доброхотов Н. Г., Полупроводниковые *p-n-p-n* переключатели, сб. «Полупроводниковые приборы и их применение», под ред. Я. А. Федотова, вып. 7, изд-во «Советское радио», 1967.

9. Киселев Л. Н., Расчет преобразователя напряжения на транзисторах, сб. «Полупроводниковые приборы и их применение», под ред. Я. А. Федотова, вып. 7, изд-во «Советское радио», ,1967

10. Хаутен, Швейцер, Новая система зажигания для автомобилей, «Электроника», 1964, т. 34, № 26.

11. Синельников А., Немцев В., Электронная система зажигания, «Радио», 1966, № 6.

12. Синельников А., Немцев В., Тиристорная система зажигания, «За рулем», 1967, № 4.

13. Мартыненко Н., Электроника в системах зажигания автомобильных двигателей, «Радио», 1967, № 1, 2.

14. Курятников А., Бельцев В., Устройство для контроля уровня тормозной жидкости, «Радио», 1967, № 2.

15. Синельников А., Немцев В., Электронная система зажигания — ответы на вопросы читателей, «Радио», 1967, № 3.

16. Алексеев Н., Прохоров В., Универсальный измерительный прибор автомобилиста, «Радио», 1967, № 5.

17. Барсуков Н., Ветчинкин А., Синельников А., Электронные сторожа, «Радио», 1967, № 7.

18. Андреев В., Эртнер В., Мельников Л., Электронная система зажигания на транзисторах, «Радио», 1967, № 9.
19. Куюков Ю., Электронное и обычное зажигание, «Радио», 1967, № 11.
20. Андреев В., Эртнер В., Мельников Л., Многоискровая система зажигания, «Радио», 1967, № 12.
21. Синельников А., Сигнализатор превышения скорости, «Радио», 1967, № 1.
22. Бобров Н., Радиоприемник автолюбителя, «Радио», 1968, № 1.
23. Вдовкин А., Электронный измеритель уровня горючего в баке, «Радио», 1968, № 4.
24. Вертовский Е., Питание электробритвы, «Радио», 1968, № 4.
25. Иванов В., Электронное оборудование мотоциклов и мотороллеров с генераторами переменного тока, «Радио», 1968, № 2.
26. Моргулев А. С., Сонин Е. К., Полупроводниковые системы зажигания, изд-во «Энергия», Массовая радиобиблиотека, 1968.
27. Зубов Е., Упрощенная система зажигания, «Радио», 1968, № 10.
28. Автоматическое включение электродвигателя, «Радио», 1968, № 11.
29. Ксанфомалити Л., 25 000 километров с электронным блоком, «Радио», 1968, № 12.
30. Синельников А., Бесконтактная система зажигания, «Радио», 1969, № 1.
31. Гусев В., Упрощенная система зажигания для мотоциклов, «Радио», 1969, № 3.
32. Клоков С., Зажигание с емкостным накопителем, «Радио», 1969, № 3.
33. Лященко А., Дублер работы приборов автомобиля, «Радио», 1969, № 4.
34. Вардашкин А., Пусковая система зажигания, «Радио», 1969, № 4.
35. Горнушкин Ю., Транзистор в автомобильных часах, «Радио», 1969, № 4.
36. Блатс А., Транзисторное реле указателя поворотов, «Радио», 1969, № 6.
37. Борщев И., Контроль уровня воды в радиаторе, «Радио», 1969, № 7.

Цена 23 коп.